

Département de l'Isère Commune

de La Balme-Les-Grottes

Plan local d'urbanisme

Modification n°1 du PLU

**Documents informatifs sur les
risques naturels hors article
R123-14 du code de l'urbanisme
(référence de l'article antérieure à celle en
vigueur au 1^{er} janvier 2016)**

Carte des aléas naturels

Pièces n°8_1

Vu pour être annexé à l'arrêté
du Maire du XXX engageant la
modification n°1 du

P.L.U.

Le Maire

Commune de La Balme-les-Grottes

CARTE DES ALEAS

Zonage des aléas pour observations de la commune

Légende :

Inondations :	Faible	Moyen	Fort	Très Fort	Très Fort aggravé
Crues rapides des rivières	C1	C2	C3	C4	
Inondations de plaine	I1	I2	I3	I4	
Inondations en pied de versant	I'1	I'2	I'3	I'4	
Ravinements et ruissellements sur versant	V1	V2	V3	V4	
Mouvements de terrain :					
Glissements de terrain	G1	G2	G3	G4	
Chutes de pierres et blocs		P2	P3	P4	P5
Affaissements, effondrements, suffosion	F1	F2			

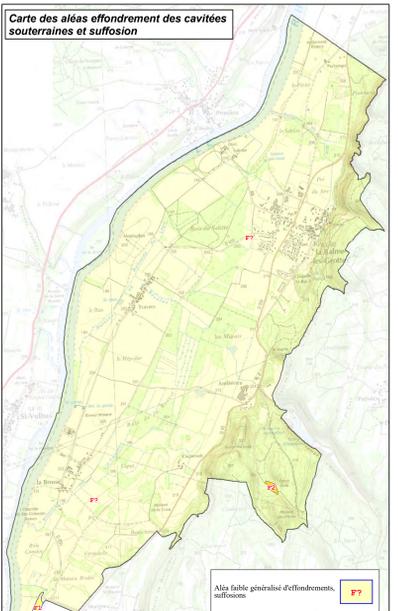
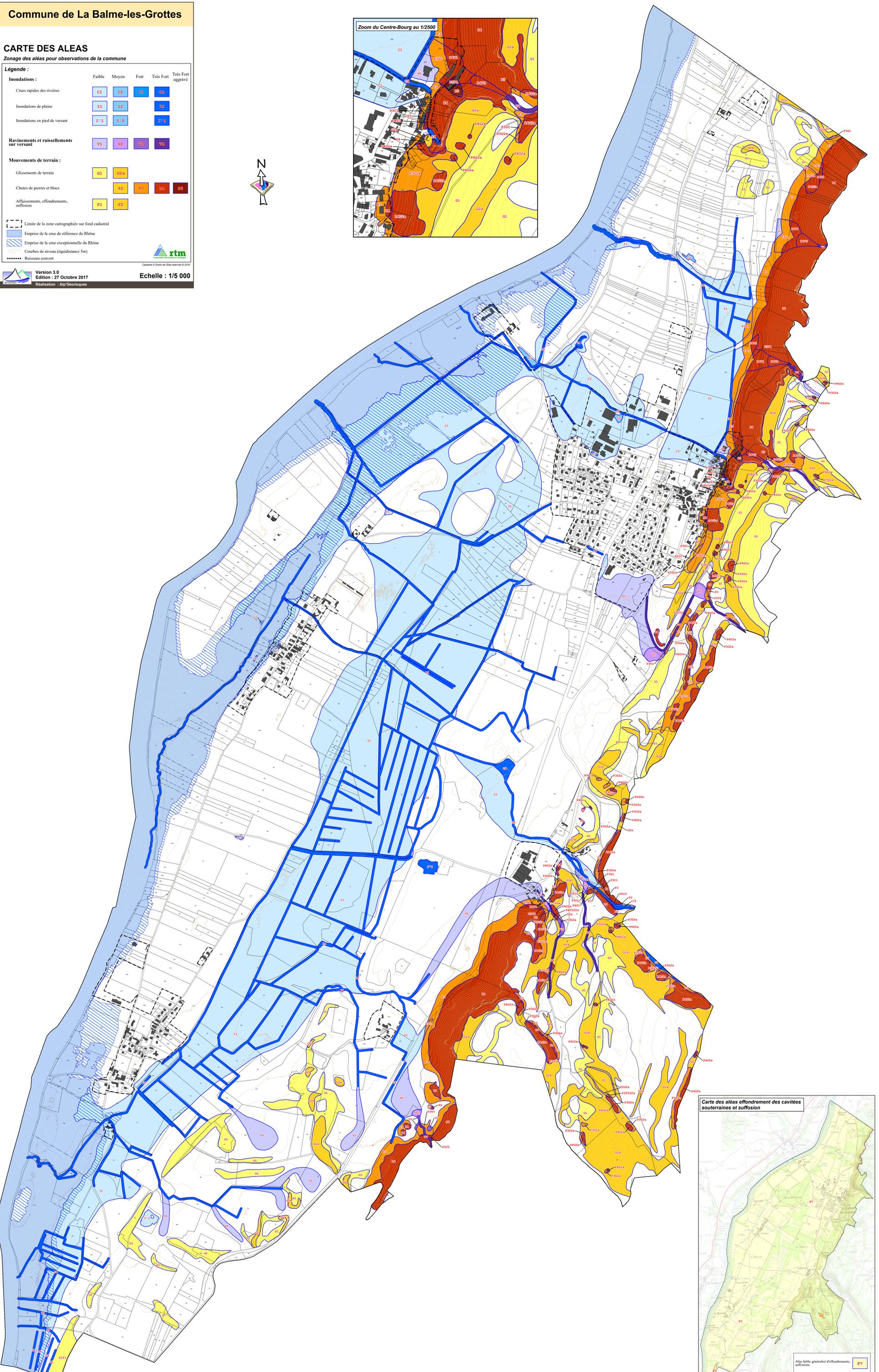
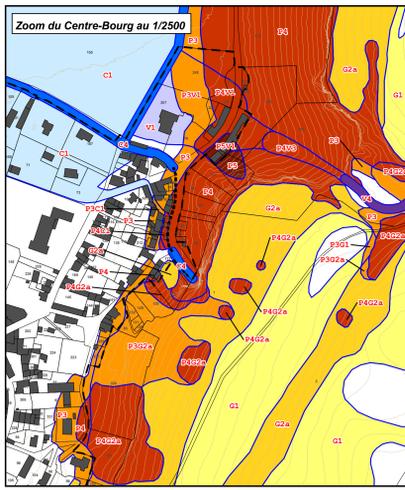
- Limite de la zone cartographiée sur fond cadastral
- Emprise de la crue de référence du Rhône
- Emprise de la crue exceptionnelle du Rhône
- Courbes de niveau (équidistance 5m)
- Ruisseau couvert

Version 3.0
Edition : 27 Octobre 2017
Réalisation : Alp'Géomatiques

Echelle : 1/5 000



Cartographie © Droits de l'Etat réservés © 2016



Echelle : 1 / 25000

Commune de La Balme-les-Grottes

CARTE DES ALEAS

Zonage des aléas pour observations de la commune

Légende :

Inondations :

Cruces rapides des rivières

Faible	Moyen	Fort	Très Fort	Très Fort aggravé
C1	C2	C3	C4	

Inondations de plaine

I1	I2	I4		
----	----	----	--	--

Inondations en pied de versant

I'1	I'2	I'4		
-----	-----	-----	--	--

Ravinements et ruissellements sur versant

V1	V2	V3	V4	
----	----	----	----	--

Mouvements de terrain :

Glissements de terrain

G1	G2a			
----	-----	--	--	--

Chutes de pierres et blocs

P2	P3	P4	P5	
----	----	----	----	--

Affaissements, effondrements, suffosion

F1	F2			
----	----	--	--	--

--- Limite de la zone cartographiée sur fond cadastral

Emprise de la crue de référence du Rhône

Emprise de la crue exceptionnelle du Rhône

----- Ruisseau couvert

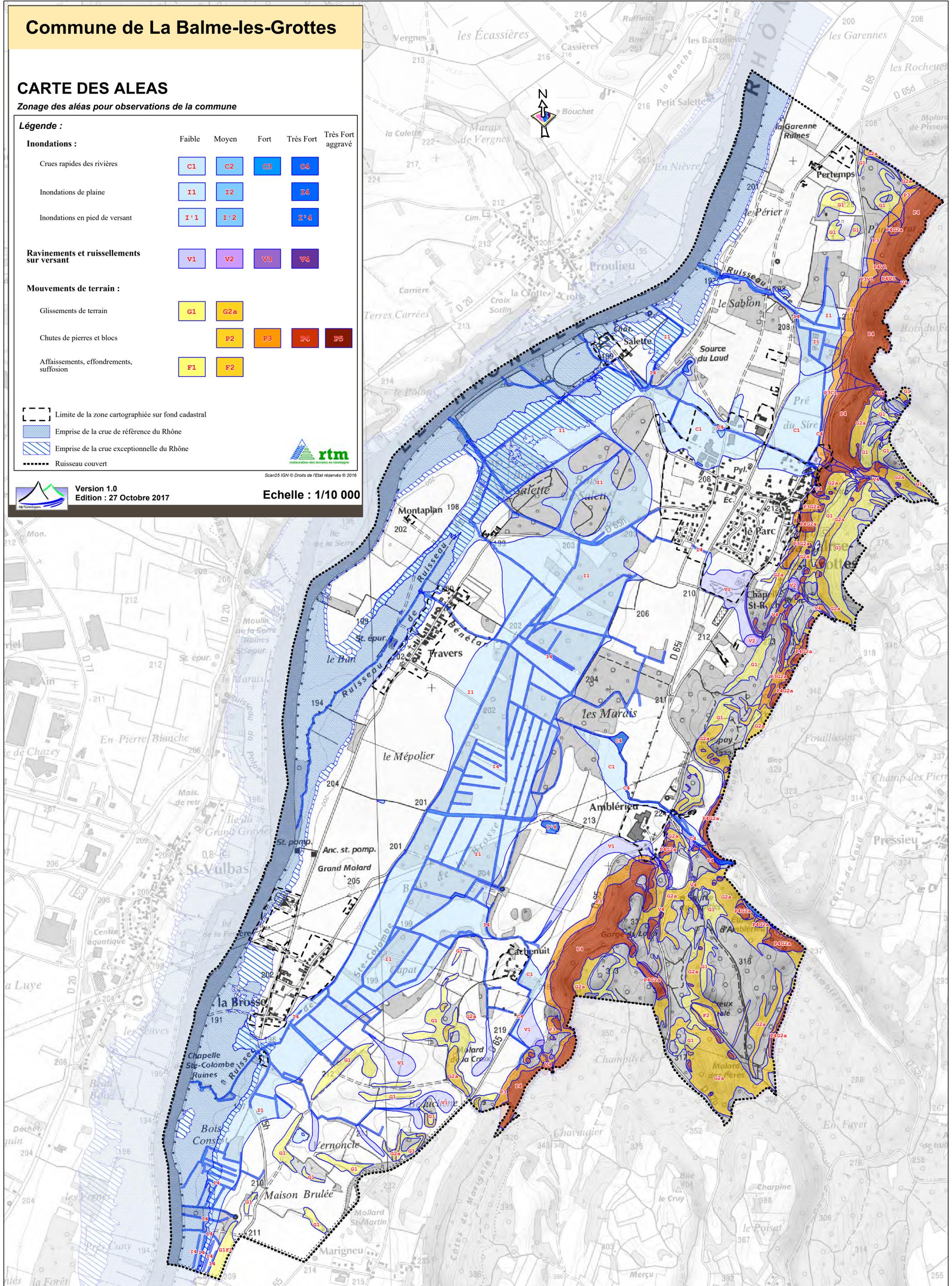


Scan25 IGH © Droits de l'Etat réservés © 2016



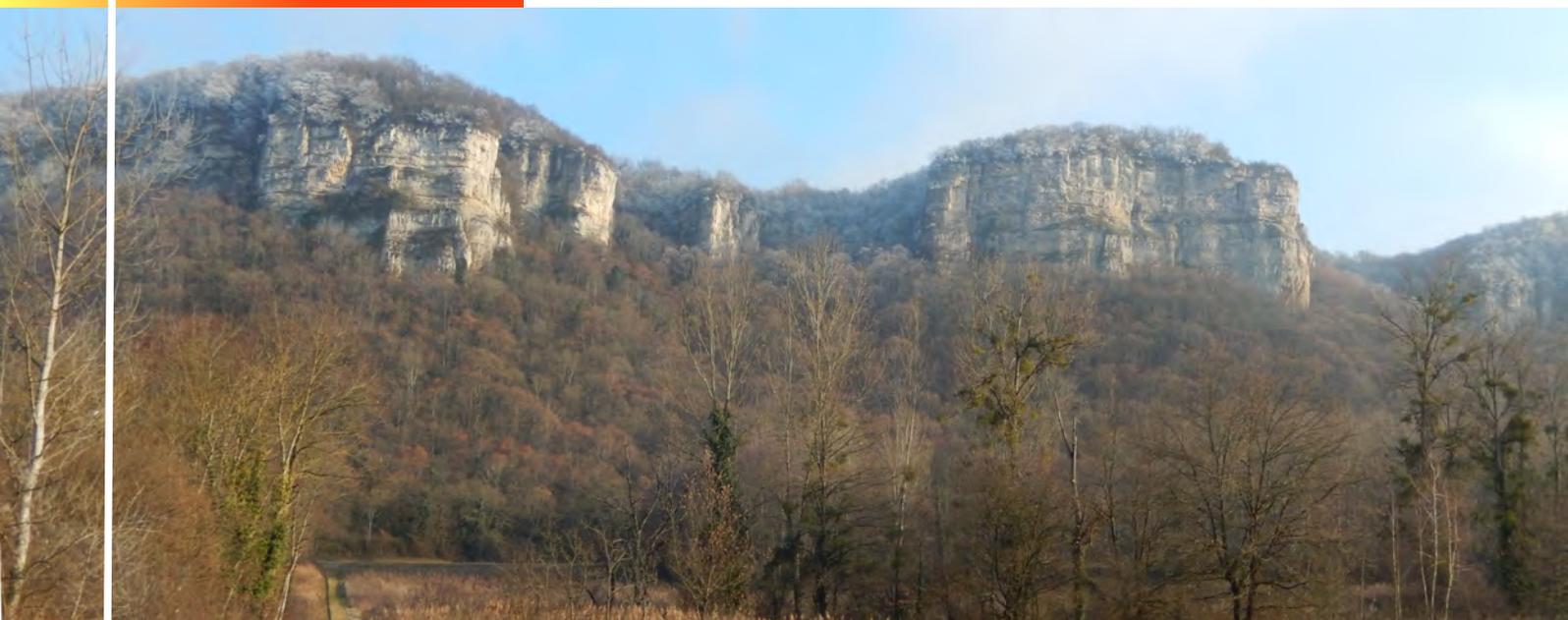
Version 1.0
Edition : 27 Octobre 2017

Echelle : 1/10 000



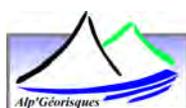
Carte des aléas

Commune de La Balme-les-Grottes



Note de présentation

Maître d'ouvrage : Commune de Commune de La Balme-les-Grottes
AMO : Service RTM de l'Isère



Référence	17101304	Version	3.0
Date	27 octobre 2017	Édition du	04/01/17

ALP'GEORISQUES - Z.I. - 52, rue du Moirond - Bâtiment Magbel - 38420 DOMENE - FRANCE
Tél. : 04-76-77-92-00 Fax : 04-76-77-55-90
sarl au capital de 18 300 € - Siret : 380 934 216 00025 - Code A.P.E. 7112B
N° TVA Intracommunautaire : FR 70 380 934 216
Email : contact@alpgeorisques.com - Site Internet : <http://www.alpgeorisques.com/>



Identification du document

Projet	Carte des aléas de La Balme-les-Grottes		
Titre	Carte des aléas		
Fichier	Rapport_La_Balme_V3.0_qualite_impression.odt		
Référence	17101304	Proposition n°	D1608141
Chargé d'études	Joëlanne Rhodes		
	Tél. 04 76 77 92 00	joelanne.rhodes@alpageorisques.com	
Maître d'ouvrage	Commune de La Balme-les-Grottes	Place Colonel Pition 38390 La Balme-les-Grottes	
	Référence commande :	-	
Maître d'œuvre ou AMO	Service RTM Isère	Hôtel des administrations 9, quai Créqui 38026 Grenoble cedex	

Versions

Version rapport	Date	Version carte	Auteur	Vérfié par	Modifications
1.0	17/07/17	V2.0	JR	JPR	
2.0	30/08/17	V3.0	JR	JPR	Correction §IV.7 + erreur Annexe 5
3.0	27/10/17	V.3.0	JR	JPR	Corrections mineures

Diffusion

Diffusion	Support	Pointage	
Commune	Papier	✓	Nombre d'exemplaires : 3
	Numérique	✓	
RTM	Papier	✓	Nombre d'exemplaires : 1
	Numérique	✓	
DDT	Papier	✓	Nombre d'exemplaires : 2
	Numérique	✓	

Archivage

N° d'archivage (référence)	17101304
Titre	Carte des aléas – Note de présentation
Département	38
Commune(s) concernée(s)	Commune de La Balme-les-Grottes
Cours d'eau concerné(s)	Rhône
Région naturelle	Île Crémieu
Thème	Carte des aléas
Mots-clefs	carte aléas Balme-les-Grottes

SOMMAIRE

I.INTRODUCTION.....	3
I.1.Avertissement.....	3
I.2.Objet et contenu de l'étude.....	3
I.3.Vocabulaire des risques naturels.....	3
I.3.1.Phénomène naturel.....	3
I.3.2.Aléa.....	3
I.3.3.Enjeux.....	4
I.3.4.Vulnérabilité.....	4
I.3.5.Risque.....	4
I.3.6.Risque majeur.....	4
I.4.Nature des phénomènes naturels étudiés.....	4
I.5.Établissement de la carte des aléas.....	5
I.6.Présentation de la commune.....	6
I.6.1.Situation.....	6
I.6.2.Cadre géographique et naturel.....	7
I.6.3.Contexte géologique.....	8
I.6.4.Contexte économique et humain.....	10
II.SOURCES D'INFORMATIONS.....	11
III.MÉTHODOLOGIE DE QUALIFICATION DES ALÉAS.....	11
III.1.Principes généraux.....	11
III.1.1.Notion d'aléa.....	11
III.1.2.Notion d'intensité et de fréquence.....	12
III.1.3.Usage des outils géomatiques.....	12
III.1.4.Prise en compte des ouvrages de protection.....	13
III.2.Représentation cartographique.....	13
III.2.1.Fonds cartographiques de référence.....	13
III.2.2.Niveaux d'aléa.....	13
III.2.3.Zones d'incertitudes.....	14
III.3.Méthodologie de qualification des aléas.....	15
III.3.1.Considérations hydrologiques.....	15
III.3.2.Les inondations de plaine.....	15
III.3.3.Les crues rapides des rivières.....	18
III.3.4.Les inondations en pied de versant.....	20
III.3.5.Le ruissellement sur versant et le ravinement.....	20
III.3.6.Les glissements de terrain.....	21
III.3.7.Les chutes de pierres et de blocs.....	24
III.3.8.Les effondrements de cavités souterraines et la suffosion.....	27
IV.QUALIFICATION DES ALÉAS SUR LE TERRITOIRE.....	27
IV.1.L'aléa inondation de plaine.....	28
IV.1.1.Observations générales sur le territoire.....	28
IV.1.2.Historique et observations de terrain.....	28

IV.1.3.Aménagements et ouvrages.....	29
IV.1.4.L'aléa.....	29
IV.2.L'aléa crue rapide des rivières.....	29
IV.2.1.Observations générales sur le territoire.....	29
IV.2.2.Historique et observations de terrain.....	29
IV.2.3.Aménagements et ouvrages.....	30
IV.2.4.L'aléa.....	31
IV.3.L'aléa inondation en pied de versant.....	31
IV.3.1.Observations générales sur le territoire.....	31
IV.3.2.Événements historiques et observations de terrain.....	32
IV.3.3.Aménagements et ouvrages.....	32
IV.3.4.L'aléa.....	32
IV.4.L'aléa ruissellement sur versant et ravinement.....	32
IV.4.1.Observations générales sur le territoire.....	32
IV.4.2.Historique et observations de terrain.....	33
IV.4.3.Aménagements et ouvrages.....	33
IV.4.4.L'aléa.....	33
IV.5.L'aléa glissements de terrain.....	33
IV.5.1.Observations générales sur le territoire.....	33
IV.5.2.Historique et observations de terrain.....	34
IV.5.3.Aménagements et ouvrages.....	34
IV.5.4.L'aléa.....	34
IV.6.L'aléa chute de pierres et de blocs.....	34
IV.6.1.Observations générales sur le territoire.....	34
IV.6.2.Historique et observations de terrain.....	35
IV.6.3.Aménagements et ouvrages.....	35
IV.6.4.L'aléa.....	35
IV.7.L'aléa effondrements de cavités souterraines et suffosion.....	36
IV.7.1.Observations générales sur le territoire.....	36
IV.7.2.Historique et observations de terrain.....	37
IV.7.3.Aménagements et ouvrages.....	37
IV.7.4.L'aléa.....	38
V.BIBLIOGRAPHIE.....	39
VI.ANNEXES.....	40

Avertissement

Ce rapport, ses annexes et les cartes qui l'accompagnent constituent un ensemble indissociable. La mauvaise utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou d'une reproduction partielle, sans l'accord écrit d'Alp'Géorisques, ne saurait engager la responsabilité de la société ou de ses collaborateurs.

L'utilisation des informations contenues dans ce rapport, ses annexes ou les cartes qui l'accompagnent en dehors de leur strict domaine d'application ne saurait engager la responsabilité d'Alp'Géorisques.

L'utilisation des cartes, ou des données numériques géographiques correspondantes, à une échelle différente de leur échelle nominale ou leur report sur des fonds cartographiques différents de ceux utilisés pour l'établissement des cartographies originales relève de la seule responsabilité de l'utilisateur.

Alp'Géorisques ne peut être tenue pour responsable des modifications apportées à ce rapport, à ses annexes ou aux cartes qui l'accompagnent sans un accord écrit préalable de la société.

Alp'Géorisques ne peut être tenue pour responsable des décisions prises en application de ses préconisations ou des conséquences du non-respect ou d'une interprétation erronée de ses recommandations.

L'actuelle version 3.0 de la note de présentation est rattachée aux versions 3.0 et ultérieures de la carte des aléas jusqu'à l'édition d'une nouvelle version qui vienne la remplacer.

Échelle nominale de la carte des aléas : 1/5 000

Référentiel de la carte des aléas : IGN / DGI

I. Introduction

I.1. Avertissement

La présente étude est composée des éléments indissociables suivants :

- la carte informative (phénomènes historiques et observés, aménagements et ouvrages de protection) ;
- la carte des aléas de la commune de La Balme-les-Grottes dont l'échelle de lecture maximum est le 1/5 000 ;
- la carte des aléas sur fond topographique dont l'échelle de lecture maximum est le 1/10 000 ;
- la note de présentation.

I.2. Objet et contenu de l'étude

La commune de La Balme-les-Grottes a confié à la Société Alp'Géorisques - ZI - 52, rue du Moirond - 38 420 Domène, l'élaboration d'une carte des aléas couvrant l'ensemble du territoire communaux.

Ce document est informatif. Il apporte des informations permettant la prise en compte des risques naturels dans les documents d'urbanisme conformément à la législation en vigueur.

La prise en compte des risques naturels dans les règles d'urbanisme ou les autorisations de projets de travaux, de constructions ou d'installations relève exclusivement de la responsabilité du maire.

I.3. Vocabulaire des risques naturels

Chaque domaine ayant son propre vocabulaire, il est nécessaire de définir précisément les termes qui seront utilisés dans ce rapport.

I.3.1. Phénomène naturel

Un phénomène naturel correspond à la manifestation d'un agent naturel (ou parfois anthropique) mettant en jeu les lois fondamentales de la physique du globe (gravité, thermodynamique, hydraulique, géodynamique, etc.). La définition des différents phénomènes naturels observés sur la commune est présentée au chapitre I.4.

I.3.2. Aléa

L'aléa caractérise un phénomène naturel (inondation, mouvement de terrain, séisme, avalanche...)

d'occurrence et d'intensité donnée. Ce terme sera explicité au chapitre III.1.

I.3.3. Enjeux

Les enjeux désignent les personnes, biens, activités, moyens, patrimoine susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel.

I.3.4. Vulnérabilité

La vulnérabilité est la mesure des dommages de toutes sortes (humains, matériels, etc.) rapportés à l'intensité de l'aléa.

I.3.5. Risque

Le risque est la possibilité d'un événement d'origine naturelle ou anthropique affectant des enjeux.

I.3.6. Risque majeur

Le risque majeur est la possibilité d'un événement d'origine naturelle ou anthropique, dont les effets peuvent mettre en jeu un grand nombre de personnes, occasionner des dommages importants et dépasser les capacités de réaction de la société.

I.4. Nature des phénomènes naturels étudiés

Les phénomènes qui seront cartographiés, conformément aux différents guides techniques PPRN et aux déclinaisons locales des directives nationales applicables pour le département de l'Isère, pour l'essentiel définies en MIRNat (Mission Interservices des Risques Naturels), sont les suivants :

Phénomène	Symbole	Définition du phénomène (version octobre 2016 – DDT Isère)
Inondation de plaine	I	Inondation à montée lente des eaux, permettant de prévoir et d'annoncer la submersion des terrains et donc de disposer de temps pour prendre des mesures efficaces de réduction des conséquences de l'inondation (ordre de grandeur de 12 h souhaitable). La vitesse du courant reste souvent faible, mais peut être localement élevée, voire très élevée. Les vallées de l'Isère et du Rhône relèvent de ce type. À ce phénomène, sont rattachées du fait de temps de réaction disponibles également importants : <ul style="list-style-type: none"> • les inondations par remontée de nappe de secteurs communiquant avec le réseau hydrographique et contribuant ainsi aux crues de ce dernier, • les inondations par refoulement de rivières à crue lente dans leurs affluents ou les réseaux.
Crue rapide des rivières et des fossés	C	Inondation pour laquelle l'intervalle de temps entre le début de la pluie et le débordement ne permet pas d'alerter de façon efficace les populations. Les bassins versants de taille petite et moyenne sont concernés par ce type de crue dans leur partie ne présentant pas un caractère torrentiel dû à la pente ou à un fort transport de matériaux solides.

Phénomène	Symbole	Définition du phénomène (version octobre 2016 – DDT Isère)
Inondation en pied de versant	I'	Submersion par accumulation et stagnation d'eau sans apport de matériaux solides dans une dépression du terrain ou à l'amont d'un obstacle, sans communication avec le réseau hydrographique. L'eau provient d'un ruissellement sur versant ou d'une remontée de nappe.
Ruissellement sur versant Ravinement	V	Divagation des eaux météoriques en dehors du réseau hydrographique (y compris fossés de route à forte pente) suite à de fortes précipitations. Ce phénomène peut provoquer l'apparition d'érosions localisées (ravinement). Débordements des fossés conduisant à des épandages sur versant.
Glissement de terrain	G	Mouvement d'une masse de terrain d'épaisseur variable le long d'une surface de rupture. L'ampleur du mouvement, sa vitesse et le volume de matériaux mobilisés sont éminemment variables : glissement affectant un versant sur plusieurs mètres (voire plusieurs dizaines de mètres) d'épaisseur, coulée boueuse, fluage d'une pellicule superficielle.
Chute de pierres et de blocs	P	Chute d'éléments rocheux d'un volume unitaire compris entre quelques centimètres cubes et quelques mètres cubes. Le volume total mobilisé lors d'un épisode donné est inférieur à une centaine de mètres cubes. Au-delà, on parle d'écroulements en masse, pris en compte seulement lorsqu'ils sont facilement prévisibles.
Affaissement, effondrement	F	Évolution de cavités souterraines d'origine naturelle (karst) et anthropique (carrière) avec des manifestations en surface lentes et progressives (affaissement) ou rapides et brutales (effondrement). Celles d'origine minière ne relèvent pas du code de l'Environnement (code Minier), mais peuvent y être signalées pour information.
Suffosion	F	Entraînement, par des circulations d'eaux souterraines, de particules fines (argiles, limons) dans des terrains meubles constitués aussi de sables et graviers, provoquant des tassements superficiels voire des effondrements.

1.5. Établissement de la carte des aléas

La carte des aléas est réalisée conformément à la doctrine départementale de l'Isère, validée en MIRNAT.

Établie sur fond topographique au 1/10 000 et sur fond cadastral au 1/5 000, elle présente les niveaux d'aléas relatifs à divers phénomènes naturels affectant le territoire communal. Elle est accompagnée du présent rapport et d'une carte informative des phénomènes naturels, établie sur fond topographique au 1/20 000, localisant les événements historiques et les phénomènes actifs identifiés sur le terrain.

L'aléa inondation lié exclusivement aux crues du Rhône est déjà traité par la « doctrine Rhône »¹. L'emprise de cette cartographie est donc indiquée en surcharge sur la carte des aléas pour mémoire.

L'exposition de la commune aux phénomènes de retrait-gonflement des sols argileux et le niveau de risque sismique sont rappelés (carte d'exposition sismique en Annexe 1) mais ne sont pas traités par la carte des aléas.

¹ Cartes de croisement de la ligne d'eau de l'aléa de référence du Rhône avec la cartographie IGN de la BDT Rhône – fond cadastral – DDT38/SPR – Novembre 2012.

De même, les risques miniers résultant de l'exploitation de matériaux listés à l'article L. 111-1 du code minier, ne sont pas traités par la carte des aléas. Ils peuvent cependant être signalés pour information.

Remarques :

En cas de divergence entre la carte des aléas au 1/10 000 et la carte au 1/5 000, le zonage au 1/5 000 prévaut sur celui au 1/10 000.

Les dénominations utilisées des lieux (lieux-dits, cours d'eau, bâtiments spécifiques, etc.) cités dans le rapport de présentation sont localisées sur les cartes correspondant aux descriptions dans lesquelles leur nom apparaît. Il s'agit, des noms usuels tirés du cadastre, de la carte IGN, du plan de ville ou de témoignages.

La cartographie a été élaborée à partir de reconnaissances de terrain effectuées en décembre 2016 et janvier 2017 par Joëllane Rhodes, chargée d'étude, et d'une enquête auprès de la municipalité et des services déconcentrés de l'État. Elle a été validée par le service Restauration des Terrains en Montagne de l'Isère (assistant maître d'œuvre) suite à une visite de terrain effectuée le 9 mai 2017 en présence d'Olivier Newinger, ingénieur géologue hydraulicien.

1.6. Présentation de la commune

1.6.1. Situation

La commune de La Balme-Les-Grottes se situe à l'extrême nord du département de l'Isère, à une cinquantaine de kilomètres à l'Est de Lyon. Elle est limitrophe des communes de Lagnieu, Vertrieu, Parmilieu, Saint-Baudille-de-La-Tour, Hières-sur-Amby et Saint-Vulbas. Elle est administrativement rattachée à l'arrondissement de La Tour-du-Pin et fait partie de la Communauté de communes des Balcons du Dauphiné.



Figure I.1 : Carte de localisation de la commune de La Balme-les-Grottes.

1.6.2. Cadre géographique et naturel

Le territoire communal, qui couvre 1461 ha, se situe en limite Nord-Ouest du plateau calcaire de L'Île Crémieu, en rive gauche du Rhône. Il s'étend selon un axe Sud-Ouest/Nord-Est, contraint à l'Ouest par le Rhône et à l'Est par la limite du plateau calcaire. La plus grande partie de la commune s'étend sur la plaine du Rhône, où l'on trouve le point bas du territoire à 291 m d'altitude. Le bord Est du territoire est, quant à lui, constitué de falaises calcaires bordant le plateau. C'est une zone naturelle fortement boisée et présentant des dénivelés importants, avec le point haut du territoire culminant à 390 m d'altitude. Quelques « reculées », combes plus ou moins encaissées, viennent entailler les falaises.

D'un point de vue hydrologique, la commune de La Balme-les-Grottes se situe au carrefour de différents fonctionnements. Le ruisseau d'Amblérieu draine une vaste superficie du plateau de Crémieu de façon superficielle, tandis que le ruisseau des Grottes et le ruisseau de Cachenuit sont des exurgences karstiques liées à la nature calcaire du plateau. Ces cours d'eau rejoignent le Rhône en passant par la plaine où leur tracé est fortement anthropisé et se mêle à un dense réseau de fossés de drainage et de cours d'eau prenant leur source au sein de la plaine. Le

réseau hydrographique est détaillé sur la carte informative des phénomènes naturels en Annexe 2.



Figure 1.2 : Extrait de la carte topographique au 1/25000 de l'IGN au niveau de La Balme-les-Grottes (limites communales en jaune).

1.6.3. Contexte géologique

La commune de La Balme-les-Grottes se situe en bordure Nord-Ouest du plateau calcaire de L'Isle Crémieu, formé par détachement d'une avancée du massif du Jura et par l'effondrement de l'actuelle plaine de l'Est Lyonnais. Au Miocène, la mer envahit les plaines effondrées et donne lieu à des formations molassiques. Au cours de l'ère Quaternaire, le plateau est façonné par le glacier du Rhône, surcreusant des vallées et ravins préexistants, notamment sur les secteurs les plus tectonisés (présence de failles) tels que les gorges de l'Amby et de Verbois. Lors du retrait glaciaire würmien, les alluvions transportées viennent colmater les dépressions creusées par le glacier, conduisant à la formation de nombreux étangs, tourbières et zones humides.

Les formations visibles à l'affleurement sur la zone d'étude sont :

- les formations secondaires (calcaires jurassiques) constituant le plateau de l'Isle Crémieu.

De bas en haut des falaises, on trouve :

- Des calcaires à entroques du Bajocien inférieur (j_{1a}), de 70 à 100 m d'épaisseur et de teinte générale ocre ou brune à l'affleurement. Ils présentent une stratification entrecroisée. La formation contient de nombreux lits de silex et se termine par des surfaces durcies à huîtres. Elle a fait l'objet de nombreuses carrières, aujourd'hui à l'abandon, desquelles on extrayait des lauzes.
- Des calcaires du Bajocien moyen (j_{1b}), de 10 à 80 m d'épaisseur. On y trouve différents niveaux, d'épaisseurs variables, de calcaires à polypiers et de calcaires à petites huîtres, disposés en lentilles discontinues et en niveaux de comblement. Les calcaires à polypiers présentent un faciès soit blanc, soit gris-bleu.
- Des calcaires oolithiques du Bajocien supérieur (j_{1c}), de 50 à 100 m d'épaisseur. Ils présentent un faciès blanc ou gris bleu, des stratifications obliques et entrecroisées et sont très gélifs. Aux deux tiers de l'assise se trouvent un ou plusieurs lits calcaréo-argileux.
- les formations quaternaires constituant les terrains de couverture. Il s'agit :
 - De dépôts associés au retrait glaciaire würmien :
 - Moraines résiduelles de L'Isle Crémieu (Gx_{1-6}), en placages à la surface du plateau ou formant des buttes accrochées ou moulées sur le relief calcaire ;
 - Moraines du stade de la Bourbre (Gx_6), en placages au pied des versants ;
 - De la nappe alluviale fluvio-glaciaire du stade de la Bourbre (FGx_{6c}), tapissant la plaine du Rhône, composée progressivement de la base au sommet de matériaux morainiques et d'alluvions ;
 - D'alluvions fluviales post-würmiennes (Fy) et modernes ($Fy-z$) liées au réseau hydrographique actuel, composées de sables et graviers mais aussi d'argiles et de limons ;
 - D'éboulis (E) développés au pied des falaises calcaires, formant des talus à forte pente, et constitués de cailloux et de blocs, parfois de grandes dimensions et glissés en masse sur les pentes.

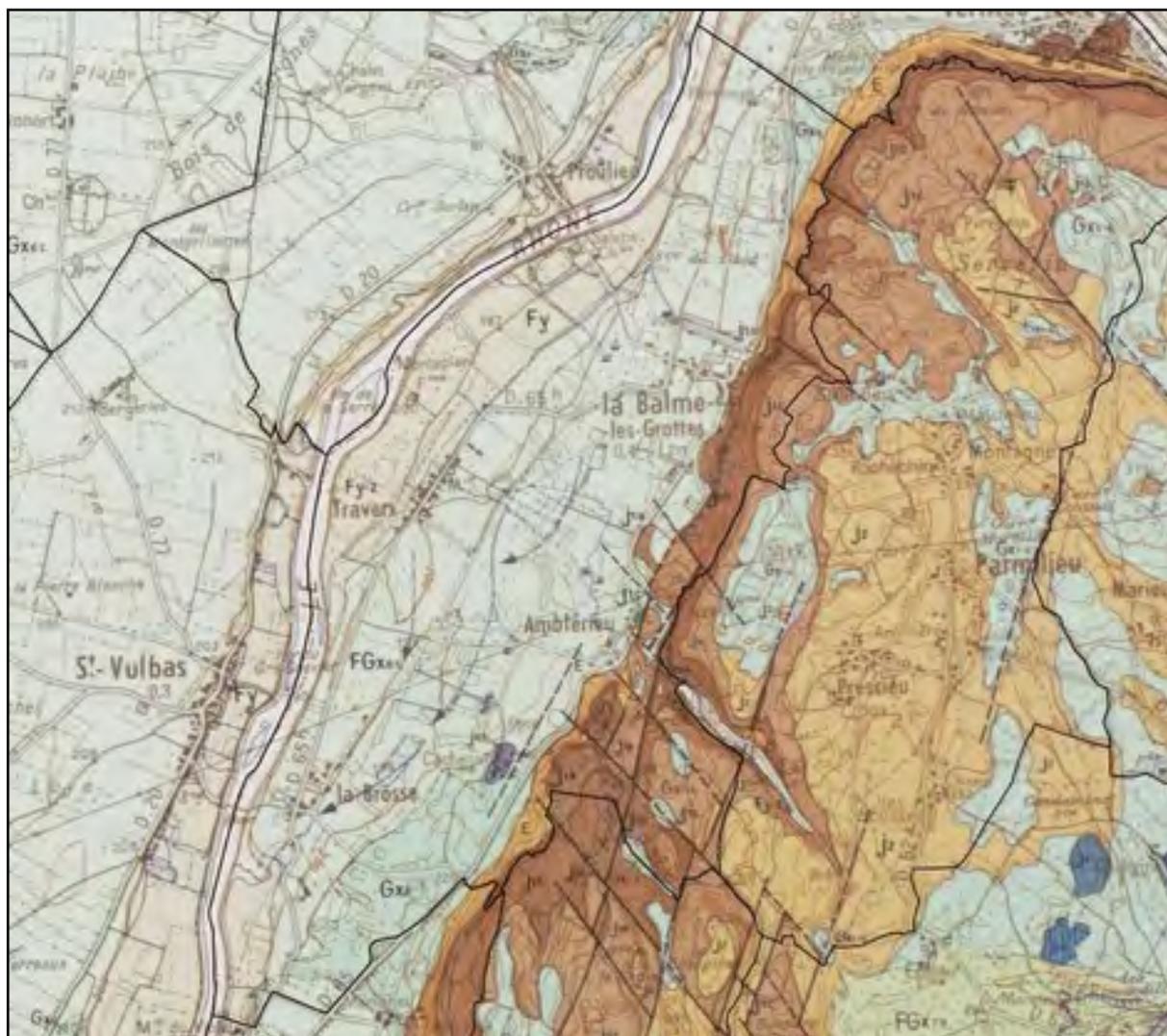


Figure 1.3 : Extrait de la carte géologique au 1/50000 au niveau de La Balme-les-Grottes (BRGM).

1.6.4. Contexte économique et humain

L'habitat est réparti dans le bourg de La Balme-les-Grottes ainsi que dans quelques hameaux et lieux-dits (Travers, La Brosse, Cachenuit, Amblérieu, Pertemps). L'habitat est essentiellement individuel. Le centre ancien du bourg ainsi que les hameaux de Travers et La Brosse sont plutôt densément urbanisés. Ils sont composés de bâtiments mitoyens disposés le long des rues principales et de propriétés rapprochées disposant de peu de terrain. Les périphéries sont urbanisées de façon plus lâche. L'habitat y est de type pavillonnaire souvent organisé en lotissements plus ou moins importants. La commune comptait 951 habitants en 2013. Elle connaît un accroissement démographique depuis 1968 où l'on recensait 393 habitants².

Le fonctionnement économique du territoire se répartit entre diverses activités. Les Grottes de la Balme et le patrimoine historique et naturel du territoire assurent un certain dynamisme touristique, favorable à quelques restaurateurs, hébergeurs et commerces. Aussi, une zone industrielle accueille plusieurs entreprises. L'agriculture est également présente, la topographie de la plaine étant favorable à son développement. Quelques activités artisanales et commerciales permettent à

² Source Insee.

la population de disposer de services de proximité. Cette dernière doit cependant se déplacer vers les grandes communes voisines pour se ravitailler en produits de consommation courante.

L'axe de communication principal est la RD65, qui traverse le territoire du Nord au Sud au pied du plateau et permet de rejoindre Vertrieu et Lagnieu au Nord, et Hières-sur-Amby et Pont-de-Chéruy au Sud. La RD52c, empruntant la combe d'Amblérieu, assure la connectivité avec le cœur du plateau de l'Isle Crémieu. De nombreuses petites routes et chemins permettent la circulation au sein de la plaine.

II. Sources d'informations

Les sources d'informations sollicitées dans le cadre de la présente étude sont les suivantes :

Source	Nature	Date de la consultation
Mairie	Évènementiel, études géotechniques (chutes de blocs)	20/01/2017
RTM	Fiches événements, photos	10/11/2016
DDT38	Cartes des aléas inondation du Rhône	19/12/2016
Archives départementales	Événements ayant impacté les routes départementales recensés par le pôle RSQ	12/11/2016
Communauté de Commune des Balcons du Dauphiné	Évènementiel, photos, données d'élévation Lidar (précision planimétrique 1 m, altimétrique 20 cm), orthophotos	15/11/2016

Les ressources bibliographiques exploitées sont présentées au chapitre V. Bibliographie.

III. Méthodologie de qualification des aléas

III.1. Principes généraux

III.1.1. Notion d'aléa

La notion d'aléa traduit la probabilité d'occurrence, en un point donné, d'un phénomène naturel de nature et d'intensité définie. Pour chacun des **phénomènes rencontrés**, différents niveaux d'aléas sont définis en fonction de l'**intensité** et la **probabilité d'occurrence** pour un ou plusieurs scénarios de référence. La carte des aléas, établie sur fond cadastral au 1/5 000 et sur fond topographique au 1/10 000 présente un zonage des divers aléas observés. La précision du zonage est, au mieux, celle des fonds cartographiques utilisés comme support.

Du fait de la grande variabilité des phénomènes naturels et des nombreux paramètres qui interviennent dans leur déclenchement, l'estimation de l'aléa dans une zone donnée est complexe. Son évaluation reste subjective ; elle fait appel à l'ensemble des informations recueillies au cours

de l'étude, au contexte géologique, aux caractéristiques des précipitations et à l'appréciation du chargé d'études. Pour limiter l'aspect subjectif, **la cartographie respecte les principes de caractérisation des différents aléas définis par les services de l'État sur le département de l'Isère**. Ces principes sont explicités pour chaque type d'aléa dans les pages suivantes.

La finalité de la cartographie des aléas est en premier lieu la gestion des risques dans les zones à enjeux. On entend ici par zone à enjeux les secteurs déjà bâtis et les zones à potentiel d'aménagement ainsi que les voiries stratégiques (c'est-à-dire à accès unique pour de l'habitat). Ces secteurs font l'objet d'une attention particulière, se traduisant par une plus grande finesse dans le report des limites de zones et dans la justification des niveaux d'aléas. Dans les zones naturelles, la cartographie a été réalisée de façon plus globale afin d'éviter la dispersion des moyens.

III.1.2. Notion d'intensité et de fréquence

L'élaboration de la carte des aléas impose de connaître, sur l'ensemble de la zone étudiée, l'intensité et la probabilité d'apparition des divers phénomènes naturels.

L'intensité d'un phénomène peut être appréciée de manière variable en fonction de la nature même du phénomène : débits liquides et solides pour une crue torrentielle, volume des éléments pour une chute de blocs, importance des déformations du sol pour un glissement de terrain, etc. L'importance des dommages causés par des phénomènes de même type doit également être prise en compte.

L'estimation de la probabilité d'occurrence d'un phénomène de nature et d'intensité données traduit une démarche statistique qui nécessite de longues séries de mesures ou d'observations du phénomène. Elle s'exprime généralement par une **période de retour** qui correspond à la durée moyenne qui sépare deux occurrences du phénomène. Une crue de période de retour décennale se produit **en moyenne** tous les dix ans si l'on considère une période suffisamment longue (un millénaire) ; cela ne signifie pas que cette crue se reproduit périodiquement tous les dix ans mais simplement qu'elle s'est produite environ cent fois en mille ans, ou qu'elle a une chance sur dix de se produire chaque année.

D'une façon générale, le phénomène de référence pour la carte des aléas est le plus fort événement historique connu, ou, lorsqu'il est plus fort, le plus fort des événements résultant de scénarios de fréquence centennale. En conséquence, les phénomènes d'occurrence plus faible ne sont pas pris en compte dans la carte des aléas, mis à part pour les phénomènes avalancheux et torrentiel, où un aléa exceptionnel peut être affiché à titre indicatif.

Si certaines grandeurs sont relativement aisées à mesurer régulièrement (les débits liquides par exemple), d'autres le sont beaucoup moins, soit du fait de leur nature même (surpressions occasionnées par une coulée boueuse), soit du fait du caractère instantané du phénomène (chute de blocs). La probabilité du phénomène sera donc généralement appréciée à partir des informations historiques et des observations du chargé d'études.

III.1.3. Usage des outils géomatiques

Des techniques géomatiques fondées, en particulier, sur l'exploitation de modèles numériques de terrain (MNT) et l'analyse de données thématiques peuvent être utilisées pour l'élaboration de la carte des aléas (études hydrologiques, étude des pentes, etc.). Les résultats fournis par ces

techniques ne peuvent être utilisés comme une vérité intangible, mais seulement comme une aide à la décision. La cartographie des aléas est fondée avant tout sur les observations de terrain.

III.1.4. Prise en compte des ouvrages de protection

La carte des aléas est établie, sauf exceptions dûment justifiées, en ne tenant pas compte d'éventuels dispositifs de protection. Par contre, au vu de l'efficacité réelle actuelle de ces derniers, une carte complémentaire « avec prise en compte des protections » est établie. Son extension peut être limitée aux secteurs impactés par les prises en compte possibles des protections (réduction ou aggravation de l'aléa).

III.2. Représentation cartographique

III.2.1. Fonds cartographiques de référence

Les fonds de référence utilisés pour l'expertise et la cartographie sont le cadastre DGI, le fond IGN au 1/25 000 (Scan 25) agrandi et l'orthophotographie IGN (BD ortho). En cas de discordance entre les fonds (mauvais ajustement des limites parcellaires et des bâtiments), la règle suivante est utilisée :

- en zone naturelle et en zone agricole non bâtie, recalage des aléas sur le fond orthophotographique ;
- en zone urbanisée, recalage des aléas sur le fond cadastral.

III.2.2. Niveaux d'aléa

Le phénomène de référence pris en compte pour la qualification de l'aléa est le phénomène centennal ou le plus fort événement historique connu s'il est supérieur.

Chaque zone distinguée sur la carte des aléas est identifiée par une limite et par un remplissage en couleur traduisant le type et le niveau d'aléa intéressant la zone.

Lorsque plusieurs types d'aléas se superposent sur une zone, la couleur appliquée est celle correspondant à un des aléas présents du niveau le plus fort. L'ensemble des aléas présents sont signalés par la mention des lettres et indices les décrivant, tels qu'indiqués dans la grille suivante.

Inondations

	Généralisé (1)	Faible	Moyen	Fort	Très fort	Exceptionnel
Inondation de plaine		I1	I2	I3	I4	
Cruels rapides des rivières		C1	C2	C3	C4	
Inondation en pied de versant		F1	F2	F3	F4	
Cruels des torrents et rivières torrentielles		T1	T2	T3		TE
Ruissellement sur versant et ravinement	V7	V1	V2	V3	V4	

Mouvements de terrain

	Aggravation (2)	Généralisé (1)	Faible	Moyen	Fort (3)	Très fort	Très fort (écroulement)
Glissements de terrain	G0		G1	G2	G3	G4	
Chutes de pierres et de blocs	P0		P1	P2	P3 (P3r)	P4	P5
Affaissements, effondrements, suffosion	F0	FT	F1	F2	F3		

Avalanches

	Faible	Moyen	Fort	Exceptionnel	Forêt de protection historique	Forêt de protection ancienne (4)	Zone d'effet de forêt ancienne
Avalanches	A1	A2	A3	AE	AB	Ab	A2b

(1) : Faible de manière générale au sein de la zone affichée, mais sans présence certaine en tout point.

(2) : Zones non directement exposées aux aléas, mais où des projets ou des modes d'exploitation pourraient aggraver l'aléa ou en créer de nouveaux.

(3) : Chutes de blocs : aléa P3r affiché pour les zones de recul prévisibles des talus et corniches rocheuses.

(4) : Affichée uniquement en cas de présence dans sa zone d'effet de zone urbanisée en aléa moyen d'avalanche.

Figure III.1: Grille officielle de qualification des aléas en Isère (version octobre 2016 DDT)

III.2.3. Zones d'incertitudes

Compte tenu de l'importance des conséquences potentielles d'une erreur de qualification, la plage d'incertitude relative à la position de la limite entre zone d'aléa fort susceptible de mettre en danger la vie humaine, de détruire le bâti standard ou de causer des dégâts structurels à du bâti adapté à l'aléa, et zone d'aléa moyen ou faible pour un même type d'aléa est intégrée par sécurité en zone d'aléa fort.

La plage d'incertitude relative à la position de la limite entre zone d'aléa faible d'intensité faible et zone où l'aléa est absent ou négligeable pour un même type d'aléa soit ne fait pas l'objet d'un affichage de l'aléa, soit fait l'objet d'un affichage spécifique de l'aléa qui permettra une prise en compte par des mesures allégées ou supprimées suivant les projets par rapport à l'aléa faible hors zone d'incertitude.

III.3. Méthodologie de qualification des aléas

III.3.1. Considérations hydrologiques

Une étude hydrologique sommaire a été réalisée afin d'estimer les débits de crues d'occurrence centennale. Elle concerne les bassins versants supérieurs à 5 ha et avec au moins un axe hydraulique formalisé (axe de concentration des écoulements). La méthode de calcul et les résultats sont synthétisés en Annexe 3.

La connaissance des débits de crue peut donner des indications vis-à-vis du dimensionnement des aménagements hydrauliques et peut permettre d'estimer les caractéristiques du champ d'inondation dans certaines conditions.

De façon générale, les ouvrages hydrauliques (buses de franchissement, dalots, ponceaux, etc.) sont dimensionnés pour des crues fréquentes (annuelles, décennales voire trentennales) et, à quelques exceptions près, presque systématiquement sous-dimensionnés pour des crues plus rares et intenses (en particulier pour la crue centennale qui correspond à la crue de référence pour la cartographie de l'aléa). En conséquence, les scénarios de référence considèrent une saturation et/ou obstruction de ces ouvrages. L'estimation des débits centennaux permet donc de contrôler la capacité hydraulique des ouvrages de franchissement et, parfois, d'identifier les aménagements correctement dimensionnés pour la crue de référence (pour le débit liquide mais aussi pour les phénomènes liés au transport solide ou aux embâcles).

Pour une crue débordante, sur une section hydraulique théorique donnée, à partir des débits et d'une estimation des vitesses d'écoulement, il est possible d'apprécier la hauteur d'eau dans le champ d'inondation et la largeur de ce dernier. L'estimation du débit centennal sur les bassins versants constitue donc une aide à la décision quant à la qualification de l'aléa hydraulique. Toutefois, il convient de conserver à l'esprit que pour une crue majeure, différents scénarios de débordement peuvent être considérés en tenant compte de la localisation des points de débordement, de la mobilité du lit, de la formation d'embâcles, etc. La carte des aléas affichées correspond ainsi à l'ensemble de ces scénarios « possibles ».

Les débits calculés constituent ainsi un outil important d'aide à la décision vis-à-vis de l'affichage des aléas hydrauliques considérés.

Remarquons que la méthode de calcul utilisée est adaptée aux bassins versants topographiques dont les crues sont directement liées aux précipitations. Ainsi, le débit centennal des cours d'eau présentant un régime karstique dominant (ruisseau des Grottes notamment) n'a pas pu être estimé.

III.3.2. Les inondations de plaine

III.3.2.1. Définition du phénomène

Inondation à montée lente des eaux, permettant de prévoir et d'annoncer la submersion des terrains et donc de disposer de temps pour prendre des mesures efficaces de réduction des conséquences de l'inondation (ordre de grandeur de 12 h souhaitable). La vitesse du courant reste souvent faible, mais peut être localement élevée, voire très élevée. Les vallées de l'Isère et du Rhône relèvent de ce type.

À ce phénomène, sont rattachées du fait de temps de réaction disponibles également importants :

- les inondations par remontée de nappe de secteurs communiquant avec le réseau hydrographique et contribuant ainsi aux crues de ce dernier ;
- les inondations par refoulement de rivières à crue lente dans leurs affluents ou les réseaux.

Rappelons que l'aléa inondation lié aux crues du Rhône est déjà traité par la « doctrine Rhône ». La présente étude s'intéresse donc seulement aux phénomènes de remontée de nappe et de refoulement du Rhône dans ses affluents.

III.3.2.2. Principes de qualification de l'aléa

Certains principes énoncés dans ce paragraphe, rédigés au départ pour l'inondation de plaine par débordement, correspondent à des situations ayant peu de chances d'être rencontrées dans le cas des stockages et écoulements résultant d'inondations par remontée de nappe. Ils ont néanmoins été mentionnés en cas de besoin.

L'aléa de référence prend en compte le plus fort événement historique connu ou, lorsqu'il lui est plus fort, le plus fort des événements résultant de scénarios de fréquence centennale. Le choix des scénarios utilisés est précisé et motivé par le rapport, ainsi que la date et les caractéristiques du plus fort événement connu.

Les axes préférentiels d'écoulement des eaux et les plans d'eau sont classés en aléa très fort.

Sont également classées en aléa très fort les bandes de terrain hors axes préférentiels d'écoulement des eaux pouvant être affouillées ou déstabilisées par les événements successifs susceptibles de survenir pendant une durée de cent ans. Des distances de recul systématiques sont appliquées de part et d'autre des axes préférentiels d'écoulement par tronçon de cours d'eau et par rive.

Pour les zones inondables hors axes préférentiels d'écoulement des eaux, plans d'eau et zones d'érosion, les critères de qualification du niveau d'aléa sont les suivants :

Vitesse v en m/s	V < 0,2		0,2 < v < 0,5		0,5 < v < 1		1 < v < 2		v > 2	
Hauteur H en m	H < 0,5		0,5 < H < 1		1 < H < 2		H > 2 (zone de très forte hauteur d'eau)			
	Faible (I1)		Moyen (I2)		Fort (I3)		Très fort (I4)		Très fort (I4)	
	Moyen (I2)		Moyen (I2)		Fort (I3)					
	Fort (I3)				Très fort (I4)					
	Très fort (I4)									

Il convient de distinguer, en aléa très fort, les zones où la vitesse est inférieure à 2 m/s et celles où la vitesse est supérieure à 2 m/s, car, en fonction des résultats d'études techniques spécifiques, certaines zones de vitesses comprises entre 1 et 2 m/s pourraient être reclassées en aléa fort.

À défaut de modélisation hydraulique, les hauteurs et les vitesses sont estimées notamment en

utilisant les connaissances issues des phénomènes historiques et de l'expertise de terrain.

La qualification de l'aléa tient compte de l'effet de possibles embâcles de corps flottants et variations de la topographie par dépôt de matériaux solides au cours de l'événement de référence ou par évolution prévisible à long terme.

III.3.2.3. Prise en compte des ouvrages de protection hydrauliques

En présence de tels ouvrages, deux cartes des aléas sont établies :

– une carte des aléas « sans ouvrages jouant un rôle de protection contre les inondations », obtenue en supprimant l'ensemble des ouvrages jouant un rôle de protection. Son objectif est pédagogique : elle permet de connaître la situation si les ouvrages n'existaient pas, et ainsi d'apprécier l'intérêt de ces derniers. Le dossier doit permettre d'identifier clairement les ouvrages effacés dans le cadre de cette carte.

– une carte des aléas dite « avec prise en compte des ouvrages jouant un rôle de protection contre les inondations ». C'est cette carte qui sera prise en considération en matière d'urbanisme ou pour l'élaboration d'un PPRN.

Elle résulte de la superposition d'un aléa hors sur-aléa et d'un sur-aléa, tels que définis ci-après.

Deux cas peuvent être rencontrés pour chacun des systèmes d'endiguement (tels que définis par l'article R.562-13 du code de l'environnement) et chacun des ensembles d'ouvrages jouant un rôle similaire (par exemple, remblai routier non conçu dans un but de protection contre les inondations), suivant que l'hypothèse de ruine généralisée pour l'aléa de référence peut être écartée ou non.

Par ruine généralisée, il faut comprendre soit la disparition du système de protection sur la majorité de sa longueur, soit des défaillances multiples, avec en conséquence des débits de débordement équivalents à ceux qui existeraient en l'absence du système de protection.

Cas 1 : L'hypothèse de ruine généralisée du système de protection ne peut être écartée pour l'aléa de référence.

L'aléa « avec prise en compte des ouvrages jouant un rôle de protection contre les inondations » résulte alors de la superposition de l'aléa hors sur-aléa, obtenu en effaçant le système de protection, et du sur-aléa correspondant aux phénomènes de sur-vitesses et d'affouillements induits à l'arrière immédiat du système de protection lors d'une défaillance (par exemple, sur-verse généralisée ou localisée, brèche localisée).

Cas 2 : L'hypothèse de ruine généralisée du système de protection peut être écartée pour l'aléa de référence.

L'aléa « avec prise en compte des protections » résulte alors de la superposition de l'aléa hors sur-aléa, correspondant à des hypothèses de brèches localisées, non simultanées, situées de façon à rendre compte des situations les plus défavorables en termes d'extension et d'intensité en tout point, et du sur-aléa correspondant aux phénomènes de sur-vitesses et d'affouillement induits à l'arrière immédiat du système de protection lors d'une défaillance.

Dans les deux cas, le sur-aléa est défini en considérant la rupture possible en tout point de la partie du système de protection mis en charge lors de l'aléa de référence, ce qui se traduit sur l'ensemble du linéaire concerné par l'affichage, à l'arrière immédiat des ouvrages, de bandes dites de précaution correspondant aux niveaux d'aléa fort et très fort. Elles sont matérialisées par des

trames permettant de distinguer aléa hors sur-aléa et sur-aléa et, au sein des bandes, niveaux fort et très fort de sur-aléa.

III.3.3. Les crues rapides des rivières

III.3.3.1. Définition du phénomène

Inondation pour laquelle l'intervalle de temps entre le début de la pluie et le débordement ne permet pas d'alerter de façon efficace les populations.

Les bassins versants de taille petite et moyenne sont concernés par ce type de crue dans leur partie ne présentant pas un caractère torrentiel dû à la pente ou à un fort transport de matériaux solides.

III.3.3.2. Principes de qualification de l'aléa

L'aléa de référence prend en compte le plus fort événement historique connu ou, lorsqu'il lui est plus fort, le plus fort des événements résultant de scénarios de fréquence centennale. Le choix des scénarios utilisés est précisé et motivé par le rapport, ainsi que la date et les caractéristiques du plus fort événement connu.

Les axes préférentiels d'écoulement des eaux et les plans d'eau sont classés en aléa très fort.

Sont également classées en aléa très fort les bandes de terrain hors axes préférentiels d'écoulement des eaux pouvant être affouillées ou déstabilisées par les événements successifs susceptibles de survenir pendant une durée de cent ans. Des distances de recul systématiques sont appliquées de part et d'autre des axes préférentiels d'écoulement par tronçon de cours d'eau et par rive.

Pour les zones inondables hors axes préférentiels d'écoulement des eaux, plans d'eau et zones d'érosion, les critères de qualification du niveau d'aléa sont les suivants :

Hauteur H en m	Vitesse v en m/s				
	$V < 0,2$	$0,2 < v < 0,5$	$0,5 < v < 1$	$1 < v < 2$	$v > 2$
$H < 0,5$	Faible (C1)	Moyen (C2)	Fort (C3)	Très fort (C4)	Très fort (C4)
$0,5 < H < 1$	Moyen (C2)	Moyen (C2)	Fort (C3)		
$1 < H < 2$	Fort (C3)		Très fort (C4)		
$H > 2$ (zone de très forte hauteur d'eau)	Très fort (C4)				

Il convient de distinguer, en aléa très fort, les zones où la vitesse est inférieure à 2 m/s et celles où la vitesse est supérieure à 2 m/s, car, en fonction des résultats d'études techniques spécifiques, certaines zones de vitesses comprises entre 1 et 2 m/s pourraient être reclassées en aléa fort.

À défaut de modélisation hydraulique, les hauteurs et les vitesses sont estimées notamment en utilisant les connaissances issues des phénomènes historiques. Dans ce cas, la vitesse de montée

et la durée du phénomène peuvent être des critères complémentaires aidant à gérer une hésitation sur le choix entre deux classes d'aléa au vu des incertitudes sur les valeurs de hauteur et de vitesses.

La qualification de l'aléa tient compte de l'effet de possibles embâcles de corps flottants et variations de la topographie par dépôt de matériaux solides au cours de l'événement de référence ou par évolution prévisible à long terme.

III.3.3.3. Prise en compte des ouvrages de protection hydrauliques

Cas de l'existence d'ouvrages jouant un rôle de protection contre les inondations

En présence de tels ouvrages, deux cartes des aléas sont établies :

– une carte des aléas « sans ouvrages jouant un rôle de protection contre les inondations », obtenue en supprimant l'ensemble des ouvrages jouant un rôle de protection. Son objectif est pédagogique : elle permet de connaître la situation si les ouvrages n'existaient pas, et ainsi d'apprécier l'intérêt de ces derniers. Le dossier doit permettre d'identifier clairement les ouvrages effacés dans le cadre de cette carte.

– une carte des aléas dite « avec prise en compte des ouvrages jouant un rôle de protection contre les inondations ». C'est cette carte qui sera prise en considération en matière d'urbanisme ou pour l'élaboration d'un PPRN.

Elle résulte de la superposition d'un aléa hors sur-aléa et d'un sur-aléa, tels que définis ci-après.

Deux cas peuvent être rencontrés pour chacun des systèmes d'endiguement (tels que définis par l'article R.562-13 du code de l'environnement) et chacun des ensembles d'ouvrages jouant un rôle similaire (par exemple, remblai routier non conçu dans un but de protection contre les inondations), suivant que l'hypothèse de ruine généralisée pour l'aléa de référence peut être écartée ou non.

Par ruine généralisée, il faut comprendre soit la disparition du système de protection sur la majorité de sa longueur, soit des défaillances multiples, avec en conséquence des débits de débordement équivalents à ceux qui existeraient en l'absence du système de protection.

Cas 1 : L'hypothèse de ruine généralisée du système de protection ne peut être écartée pour l'aléa de référence.

L'aléa « avec prise en compte des ouvrages jouant un rôle de protection contre les inondations » résulte alors de la superposition de l'aléa hors sur-aléa, obtenu en effaçant le système de protection, et du sur-aléa correspondant aux phénomènes de sur-vitesses et d'affouillements induits à l'arrière immédiat du système de protection lors d'une défaillance (par exemple, sur-verse généralisée ou localisée, brèche localisée).

Cas 2 : L'hypothèse de ruine généralisée du système de protection peut être écartée pour l'aléa de référence.

L'aléa « avec prise en compte des protections » résulte alors de la superposition de l'aléa hors sur-aléa, correspondant à des hypothèses de brèches localisées, non simultanées, situées de façon à rendre compte des situations les plus défavorables en termes d'extension et d'intensité en tout point, et du sur-aléa correspondant aux phénomènes de sur-vitesses et d'affouillement induits à l'arrière immédiat du système de protection lors d'une défaillance.

Dans les deux cas, le sur-aléa est défini en considérant la rupture possible en tout point de la partie du système de protection mis en charge lors de l'aléa de référence, ce qui se traduit sur l'ensemble du linéaire concerné par l'affichage, à l'arrière immédiat des ouvrages, de bandes dites de précaution correspondant aux niveaux d'aléa fort et très fort. Elles sont matérialisées par des trames permettant de distinguer aléa hors sur-aléa et sur-aléa et, au sein des bandes, niveaux fort et très fort de sur-aléa.

III.3.4. Les inondations en pied de versant

III.3.4.1. Définition du phénomène

Submersion par accumulation et stagnation d'eau sans apport de matériaux solides dans une dépression du terrain ou à l'amont d'un obstacle, sans communication avec le réseau hydrographique. L'eau provient d'un ruissellement sur versant ou d'une remontée de nappe.

III.3.4.2. Principes de qualification de l'aléa

Les critères de qualification du niveau d'aléa sont les suivants :

Aléa	Indice	Critère
Faible	Faible (I'1)	Hauteur de submersion inférieure à 0,5 m.
Moyen	Moyen (I'2)	Hauteur de submersion comprise entre 0,5 m et 1 m.
Fort	Fort (I'3)	Hauteur de submersion comprise entre 1 m et 2 m.
Très fort	Très fort (I'4)	Hauteur de submersion supérieure à 2 m.

III.3.5. Le ruissellement sur versant et le ravinement

III.3.5.1. Définition du phénomène

Divagation des eaux météoriques **en dehors du réseau hydrographique** suite à de fortes précipitations.

Ce phénomène peut générer l'apparition d'érosions localisées, provoquées par ces écoulements superficiels et nommées « ravinement ».

III.3.5.2. Principes de qualification de l'aléa

L'aléa de référence prend en compte le plus fort événement historique connu ou, lorsqu'il lui est plus fort, le plus fort des événements résultant de scénarios de fréquence centennale.

La qualification de l'aléa ruissellement sur versant est faite en tenant compte du transport solide associé et de son influence sur différents facteurs (hauteurs atteintes par les eaux, trajectoires des écoulements, pouvoir d'érosion, etc.).

Les axes de concentration de l'écoulement (talwegs des combes en zones naturelles, chemins et voiries en zones anthropiques) sont classés en aléa très fort V4, au titre du maintien du libre écoulement des eaux, par similitude avec les lits mineurs des cours d'eau dont ils

jouent le rôle lors des phénomènes pluvieux.

Hors des axes de concentration de l'écoulement, les critères de qualification du niveau d'aléa sont les suivants :

		Vitesse d'écoulement en m/s		
		0,2 à 0,5	0,5 à 1	> 1
Hauteur de submersion en mètres	0 à 0,2	Faible V1	Faible V1	Faible V1
	0,2 à 0,5	Faible V1	Moyen V2	Moyen V2
	0,5 à 1	Moyen V2	Fort V3	Fort V3
	> à 1	Fort V3	Très fort V4	Très fort V4

À défaut de modélisation hydraulique, les hauteurs et les vitesses sont estimées notamment en utilisant les connaissances issues des phénomènes historiques. Dans ce cas, la vitesse de montée et la durée du phénomène peuvent être des critères complémentaires aidant à gérer une hésitation sur le choix entre deux classes d'aléa au vu des incertitudes sur les valeurs de hauteur et de vitesses.

Le niveau faible de l'aléa ruissellement sur versant (V1) peut concerner des parties importantes de territoire sans urbanisation existante et sans enjeu d'urbanisation future, du seul fait de l'existence généralisée de pentes sur les secteurs correspondants. Cependant, des particularités de la topographie, localisées sur de faibles superficies, peuvent faire que l'aléa ruissellement n'y est pas présent. La vérification de la présence de l'aléa ruissellement en tout point de ces territoires peut être difficilement possible pour des raisons d'étendue importante ou d'accessibilité difficile du territoire à expertiser ou de complexité des écoulements, par ailleurs facilement évolutifs dans le temps du fait de l'érosion ou des interventions humaines.

L'affichage peut alors être réalisé dans un encart au 1/25 000 inséré dans la carte d'aléas, avec la qualification V* pour les zones concernées, indiquant une probabilité de présence d'aléa faible non vérifiée précisément sur le terrain en tout point.

III.3.6. Les glissements de terrain

III.3.6.1. Définition du phénomène

Mouvement d'une masse de terrain d'épaisseur variable le long d'une surface de rupture. L'ampleur du mouvement, sa vitesse et le volume de matériaux mobilisés sont éminemment variables : glissement affectant un versant sur plusieurs mètres (voire plusieurs dizaines de mètres) d'épaisseur, coulée boueuse, fluage d'une pellicule superficielle, etc.

III.3.6.2. Principes de qualification de l'aléa

L'aléa de référence prend en compte le plus fort événement historique connu dans le site ou dans un secteur similaire (sur les plans géologiques, géomorphologique, hydrogéologique et structural) ou, lorsqu'il lui est supérieur, le plus fort des événements potentiels résultant de scénarios jugés possibles au cours des cents prochaines années.

L'aléa glissement de terrain est défini en analysant et décrivant notamment les éléments suivants et en précisant l'origine de leur connaissance :

- géologie du sous-sol ;
- pente du terrain ;
- dénivelée de la zone concernée ;
- présence plus ou moins importante d'indices de mouvements (niches d'arrachement, fissures, bourrelets, ondulations) ;
- présence de circulations d'eau souterraines ou résurgentes ;
- type (glissement plan lent ou rapide, glissement profond circulaire ou complexe, coulées de boues, solifluxion, etc.) et caractéristiques (ordres de grandeur de superficie d'extension, de volume, de vitesse, etc.) des phénomènes de glissement jugés possibles au vu des éléments ci-dessus.

Exemple d'identification des différentes zones liées aux aléas de glissements :

Gp = profond, Gsup = superficiel, Gsol = solifluxion, Gc = coulées boueuses, Ga = zones d'extension en aval des zones de départ, Go = zones hors aléa en amont de zones de départ, où des interventions inappropriées ou des rejets d'eau pourraient aggraver la probabilité d'occurrence.

Les secteurs d'aléa où le facteur déclenchant ne peut être que d'origine anthropique, c'est-à-dire suite à des travaux (par exemple surcharge en tête d'un talus ou d'un versant déjà instable, décharge en pied supprimant une butée stabilisatrice, mauvaise gestion des eaux), sont identifiés en tant que zones de glissement potentiel et classées en aléa faible (G0).

Il est rappelé que l'absence d'indice de mouvement de terrain décelé n'est pas une justification de l'absence d'aléa mouvement de terrain.

Compte tenu de l'objet des zones hors aléa en amont de zones de départ où des travaux pourraient aggraver la probabilité d'occurrence, il n'y a pas lieu d'y distinguer de niveaux d'aléa.

Dans les autres cas, le niveau d'aléa est qualifié à partir de la détermination de la probabilité d'occurrence et de l'intensité.

La **probabilité d'occurrence** est définie par le tableau suivant :

Probabilité d'occurrence	Description
Forte (go3)	Glissement actif avec traces de mouvements récents, ou Glissement ancien, ou Glissement potentiel (sans indice), avec facteur hydrologique aggravant reconnu, en situation équivalente à celle d'un glissement constaté, avec une pente supérieure à celle de ce glissement ou à la pente limite de déclenchement dans le même contexte estimée par le chargé d'étude en fonction de son expérience.
Moyenne (go2)	Glissement potentiel (sans indice) avec absence de facteur hydrologique aggravant reconnu, en situation équivalente à celle d'un glissement constaté, avec une pente supérieure à celle de ce glissement ou à la pente limite de déclenchement dans le même contexte estimée par le chargé d'étude en fonction de son expérience, ou Glissement potentiel (sans indice), avec facteur hydrologique aggravant reconnu, en situation équivalente à celle d'un glissement constaté, avec une pente légèrement inférieure à celle de ce glissement ou à la pente limite de déclenchement dans le même contexte estimée par le chargé d'étude en fonction de son expérience.
Faible (go1)	Glissement potentiel (sans indice), sans facteur hydrologique aggravant reconnu, en situation équivalente à celle d'un glissement constaté, avec une pente légèrement inférieure à celle de ce glissement ou à la pente limite de déclenchement dans le même contexte estimée par le chargé d'étude en fonction de son expérience.

La probabilité d'occurrence est considérée de même classe pour les zones de départ, d'arrivée et les auréoles de sécurité (zones déstabilisées en périphérie à court et moyen terme).

L'intensité est par ailleurs établie selon la logique suivante :

Faible (gi1)	Modérée (gi2)	Élevée (gi3)	Très élevée (gi4)
Dommages limités, non structurels, sur un bâti standard	Dommages structurels au bâti standard. Pas de dommages au bâti adapté à l'aléa	Destruction du bâti standard. Dommages structurels au bâti adapté à l'aléa moyen.	Destruction du bâti adapté à l'aléa moyen (phénomènes de grande ampleur).

Les zones de départ et d'extension des coulées boueuses sont classées en considérant l'intensité élevée ou très élevée.

La qualification de l'aléa en quatre niveaux est obtenue par application du tableau suivant :

Intensité	Faible (gi1)	Modérée (gi2)	Élevée (gi3)	Très élevée (gi4)
Probabilité d'occurrence				
Faible (go1)	Faible (G1)	Moyen (G2c)	Fort (G3c)	Très fort (G4)
Moyenne (go2)	Moyen (G2a)	Fort (G3a)	Fort (G3d)	Très fort (G4)
Forte (go3)	Moyen (G2b)	Fort (G3b)	Très fort (G4)	Très fort (G4)

III.3.7. Les chutes de pierres et de blocs

III.3.7.1. Définition

Chute d'éléments rocheux d'un volume unitaire compris entre quelques centimètres cubes et quelques mètres cubes. Le volume total mobilisé lors d'un épisode donné est inférieur à une centaine de mètres cubes. Au-delà, on parle d'écroulements en masse, pris en compte seulement lorsqu'ils sont facilement prévisibles.

III.3.7.2. Principes de qualification de l'aléa

L'aléa de référence prend en compte le plus fort événement historique connu (en excluant les phénomènes exceptionnels d'occurrence correspondant à l'échelle des temps géologiques), dans le site ou dans un secteur similaire (sur les plans géologique, géomorphologique, hydrogéologique et structural) ou, lorsqu'il lui est plus fort, le plus fort des événements résultant de scénarios jugés possibles au cours des cent prochaines années.

Les aléas sont qualifiés sans prendre en compte la forêt, en considérant que sa pérennité, et donc son éventuel effet, n'est pas assurée (par exemple en cas d'incendie ou de maladie des arbres). Les zones de forêts jouant un rôle réducteur du risque pour des zones urbanisées ou des infrastructures existantes sont néanmoins identifiées dans la cartographie pour permettre la mise en place d'une politique de leur préservation autant que possible.

La possibilité de phénomènes de chutes de pierres et/ou de blocs résulte de la présence de zones de départ potentiel (présence de falaises ou de blocs dispersés dans des pentes). Des scénarios de référence sont définis par zone de départ selon les aspects suivants :

- ordre de grandeur de la taille unitaire maximale des blocs et des différentes classes de tailles unitaires de blocs pouvant provenir de la zone de départ ;
- extension de la zone d'aléa en aval et en amont de la zone de départ, la zone en amont correspondant au recul estimé sur une durée de cent ans ;
- ordre de grandeur de la dénivellation entre zone de départ et zone d'arrêt potentielle ;
- estimation de la fréquence des chutes ;
- possibilité de chutes par paquets fracturables ou non (volume de paquet inférieur à 100 m³) et, si oui, importance des paquets et taille des blocs après fracturation ;
- possibilité d'éboulement (volume supérieur à 100 m³) d'occurrence centennale et, si oui, ordre de grandeur du volume.

La définition des scénarios de référence s'appuie notamment sur les phénomènes historiques et les indices relevés sur le terrain dans les zones de départ et dans les zones d'arrêt potentielles.

Les zones d'aléas correspondant au recul prévisible des parois au cours des cent prochaines années sont identifiées spécifiquement sur la carte des aléas. Elles sont qualifiées en aléa fort P3r.

Les zones non exposées à l'aléa, mais où des aménagements pourraient aggraver les risques ou en provoquer de nouveaux, sont identifiées de même et qualifiées P0, une qualification de niveau d'aléa y est sans objet.

L'extension des phénomènes en aval des zones de départ est basée sur la méthode dite des « de la ligne d'énergie », ou des méthodes équivalentes. Cette méthode, explicitée en Annexe 4, permet de cartographier l'extension prévisible de l'aléa rocheux en aval des zones de départ par le choix de valeurs d'angle variables en fonction de singularités locales de la topographie.

L'observation et la mesure d'angles sur plusieurs phénomènes permettent par ailleurs de présenter des plages statistiques de valeurs permettant une quantification de la **probabilité d'atteinte**. Les plages de valeurs d'angle correspondant aux niveaux de probabilité d'atteinte sont estimées à partir des morphologies types de versant définies par la méthode MEZAP (réf. 8), et précisées par le chargé d'étude en fonction de sa connaissance du site, de son expérience sur des sites équivalents et éventuellement de modélisations trajectographiques permettant une comparaison avec une situation ou un site servant de référence.

Pour aboutir à la qualification du niveau d'aléa, il est nécessaire de déterminer, en complément de la probabilité d'atteinte, d'abord l'indice d'activité, dont on déduit la probabilité d'occurrence, puis l'intensité du ou des scénarios de référence pris en considération.

L'**indice d'activité** traduit pour un scénario la probabilité de départ des blocs pris en compte estimée à partir des traces de départ visibles et du nombre des blocs observés dans la pente, elle peut aussi être appréciée par les observations faites dans des contextes similaires (géologie, topographie...). L'indice d'activité résulte de l'application du tableau suivant :

Indice d'activité par zone homogène	Description
Faible	De l'ordre d'un bloc du scénario de référence tous les 100 ans
Moyen	De l'ordre d'un bloc du scénario de référence tous les 10 ans
Fort	De l'ordre d'un bloc du scénario de référence tous les ans

La **probabilité d'occurrence** est obtenue en croisant probabilité d'atteinte et indice d'activité tel que précisé par le tableau ci-après :

		Probabilité d'atteinte			
		Faible	Moyenne	Forte	Très Forte
Indice d'activité	Faible	Faible	Modéré	Élevée	Très Élevée
	Moyen	Modéré	Modéré	Élevée	Très Élevée
	Fort	Modéré	Élevée	Élevée	Très Élevée

L'**indice d'intensité** est défini par le volume du bloc du scénario de référence :

Indice d'intensité	Description	Potentiels de dommages
Faible	Le volume unitaire pouvant se propager est inférieur à 0,25 m ³ .	Pas de dommage au gros œuvre. Peu ou pas de dommages aux éléments de façade.
Modéré	Le volume unitaire pouvant se propager est supérieur ou égal à 0,25 m ³ mais inférieur à 1 m ³ .	Dommages au gros-œuvre sans ruine. Intégrité structurelle sollicitée.
Élevée	Le volume unitaire pouvant se propager est supérieur ou égal à 1 m ³ mais inférieur à 10 m ³ .	Dommage important au gros-œuvre. Ruine probable. Intégrité structurelle remise en cause.
Très Élevée	Le volume unitaire pouvant se propager dépasse 10 m ³ .	Destruction du gros-œuvre. Ruine certaine. Perte de toute intégrité structurelle.

Le niveau d'aléa est qualifié en tout point de la zone d'étude en utilisant la matrice suivante :

Aléa		Intensité				Phénomène de grande ampleur
		Faible Bloc <0.25m ³	Modérée 0.25m ³ < Bloc < 1m ³	Élevée 1m ³ < Bloc < 10m ³	Très élevée Bloc >10m ³	
Probabilité d'occurrence	Faible	Faible (P1)	Moyen (P2)	Fort (P3)	Fort (P3)	Très fort aggravé (P5)
	Modérée	Faible (P1)	Moyen (P2)	Fort (P3)	Fort (P3)	
	Élevée	Moyen (P2)	Fort (P3)	Fort (P3)	Très fort (P4)	
	Très élevée	Fort (P3)	Fort (P3)	Très fort (P4)	Très fort (P4)	

III.3.7.3. Prise en compte des ouvrages de protection pare-blocs

Les seuls ouvrages de protection pris en compte sont les merlons avec face raidie côté amont. Un merlon est considéré comme un moyen efficace de suppression de l'aléa en aval (par rapport au sens de propagation des blocs), sous réserve qu'il soit correctement dimensionné et géré par un maître d'ouvrage public administrativement et financièrement pérenne. Dans ce cas, une carte des aléas « avec prise en compte des protections », distincte de la carte des aléas principale et pouvant être limitée aux parties du territoire concernées peut être établie. Elle met alors en évidence la localisation des ouvrages, avec un numéro associé à chaque ouvrage, et, par un jeu de hachures, celle des zones protégées, avec report de la numérotation du ou des ouvrages correspondants.

En cas de doute sur l'efficacité d'un merlon, il n'est pas pris en compte au titre de l'aléa. C'est notamment le cas en l'absence d'étude spécifique de dimensionnement permettant de juger de sa performance ou en l'absence de gestion par un maître d'ouvrage public pérenne.

La connaissance des ouvrages de protection recensés sur le territoire étudié sera précisée par divers renseignements, notamment : type de dispositif, principales caractéristiques géométriques et de performance, maître d'ouvrage, gestionnaire, enjeux présents dans la zone d'effet.

III.3.8. Les effondrements de cavités souterraines et la suffosion

III.3.8.1. Définition des phénomènes

Évolution de cavités souterraines d'origine naturelle (karst) et anthropique (carrière) avec des manifestations en surfaces lentes et progressives (affaissement) ou rapides et brutales (effondrement). Celles d'origine minière ne relèvent pas du code de l'Environnement (code Minier), mais peuvent y être signalées pour information.

La suffosion est l'entraînement, par des circulations d'eaux souterraines, de particules fines (argiles, limons) dans des terrains meubles constitués aussi de sables et graviers, provoquant des tassements superficiels voire des effondrements.

III.3.8.2. Principes de qualification de l'aléa

Les risques miniers résultant de l'exploitation de matériaux listés à l'article L. 111-1 du code minier, ils ne sont pas traités par la carte d'aléas. Il est rappelé que la distinction entre mines et autres extractions est fondée sur la nature du matériau exploité et non sur le caractère souterrain ou non du mode d'exploitation.

Pour les cavités souterraines d'origine anthropique autres que les mines (carrières souterraines, marnière, caves, champignonnières, galeries, etc.), la qualification de l'aléa est réalisée en appliquant la méthodologie décrite aux pages 37 à 51 du guide méthodologique PPRN risque cavités souterraines abandonnées (DPPR, octobre 2012).

Pour les phénomènes d'effondrement ou d'affaissement exclusivement d'origine naturelle, comprenant notamment ceux de karstification et de suffosion, la qualification de l'aléa est réalisée sur la base de la même méthodologie, mais en adaptant la méthode de qualification de la probabilité d'occurrence.

La qualification de la probabilité d'occurrence est basée sur l'évaluation de la prédisposition à l'apparition d'instabilité en surface au cours des cent prochaines années ou, en cas de danger humain, à plus grande échéance, en excluant les phénomènes exceptionnels d'occurrence à l'échelle des temps géologiques, au vu du plus fort événement historique connu dans le site ou dans un secteur proche au plan géologique, géomorphologique, hydrogéologique et structural.

L'article L. 563-6 du Code de l'Environnement stipule que les communes ou leurs groupements compétents en matière de documents d'urbanisme élaborent, en tant que de besoin, des cartes délimitant les sites où sont situés des cavités souterraines et des marnières susceptibles de provoquer l'effondrement du sol.

IV. Qualification des aléas sur le territoire

Pour chaque aléa, sont présentés :

- les observations générales sur le territoire ;
- les événements historiques (recensés lors de la consultation des services déconcentrés de l'État, de diverses archives et de l'enquête menée auprès de la municipalité et des riverains) et les observations de terrains relatives aux phénomènes actifs ;

- les aménagements existants ou insuffisances de gestion constatées ayant une influence négative sur les aléas étudiés et les ouvrages de protection ;
- les motivations de la qualification des différents niveaux d'aléas, conformément à la méthodologie exposée précédemment ;
- le cas échéant, les ouvrages de protection pouvant être pris en compte dans la qualification de l'aléa et l'extrait de carte des aléas « avec prise en compte des ouvrages » associé.

Les événements historiques et les observations de terrains (dont les ouvrages) sont numérotées et localisées sur la carte informative des phénomènes historiques et observés, présentée en Annexe 2. Les photos pouvant illustrer les observations de terrain sont rassemblées en Annexe 8.

IV.1. L'aléa inondation de plaine

IV.1.1. Observations générales sur le territoire

La majeure partie de la plaine constituant l'Ouest du territoire est composée de terrains fluvio-glaciaires comportant une nappe alimentée notamment par le réseau karstique du plateau de Crémieu, et drainée vers le Rhône par un réseau de cours d'eau fortement anthropisés et de nombreux fossés. En cas de saturation des terrains (suite à une succession d'épisodes pluvieux par exemple), le réseau de drainage atteint ses limites de capacité et la nappe peut affleurer à la surface du sol. Selon la topographie locale, l'eau peut stagner ou s'écouler vers le lit du Rhône en suivant les points bas de la plaine.

IV.1.2. Historique et observations de terrain

Numéro de localisation	Date/fréquence	Description / observations / photos	Sources
I.1	1983	Inondation du marais du Bois de Salette. Route RD65h impraticable.	Riverains
I.2	1983	Près du hameau de Travers, le chemin du Marais a été inondé.	Riverains
I.3	1983	Route RD65h inondée à la sortie du hameau de La Brosse : environ 20 cm d'eau sur la route. Le pont a ensuite été refait. La maison située dans le virage a été inondée.	Riverains
I.4	1984	Crue du ruisseau de l'Aye. Plus grosse crue récente. Le ruisseau est sorti de son lit et a débordé sur le chemin et dans les prés au nord de la ferme.	Riverains
I.5	1988-1990	La route RD65h à la sortie du hameau de Travers a été inondée ainsi que les premières maisons au sud.	Mairie
I.6	Parfois	Quand le chenal de déviation du ruisseau des Grottes est fermé, les champs autour du château de Salette sont inondés.	Riverains
I.7	parfois	Entre Travers et le chemin de l'Aye, les terrains agricoles ont été inondés plusieurs fois. Autrefois, le ruisseau longeant le chemin de l'Aye traversait les prés et rejoignait le ruisseau de Bénétan.	Riverains Mairie

Numéro de localisation	Date/fréquence	Description / observations / photos	Sources
I.8	parfois	À Travers, l'eau peut arriver jusqu'au bas des terrains (grillages), voire remonter dans certaines cours de maisons.	Riverain Mairie
I.9	2014/2015 ?	60 cm d'eau ont été observés au croisement du chemin du Marais et du chemin d'Amblérieu.	Riverains

IV.1.3. Aménagements et ouvrages

Aménagements existants ou insuffisances de gestion constatées ayant une influence négative sur les aléas étudiés et ouvrages de protection observés : sans objet.

IV.1.4. L'aléa

L'ensemble des cours d'eau et fossés constituant le réseau drainant la nappe sont qualifiés par de l'aléa très fort (I4) avec des bandes systématiques de 5 m de large de part et d'autre de leur axe. Cette représentation permet de souligner la forte activité hydraulique qui peut se manifester sur les berges.

L'ensemble des zones de point bas de la plaine où l'affleurement de la nappe peut induire une saturation du réseau de drainage et se traduire par des écoulements de faible hauteur à la surface du sol ont été traduits par de l'aléa faible (I1). Les limites de ces zones ont été définies à partir des informations sur les événements passés et extrapolées à partir des données d'élévation Lidar.

Une petite dépression topographique en bordure du chemin menant au Château de Salette a été classée en aléa moyen (I2) en raison de la hauteur d'eau pouvant atteindre 1 m.

IV.2. L'aléa crue rapide des rivières

IV.2.1. Observations générales sur le territoire

Quelques cours d'eau drainant le plateau de Crémieu traversent le territoire communal avant de rejoindre le Rhône. Le ruisseau des Grottes et le ruisseau de Cachenuit sont issus d'exurgences au pied des falaises bordant le plateau. Leur régime est directement lié au fonctionnement du karst. Le ruisseau d'Amblérieu, quant-à-lui, draine le plateau en surface. Son régime est donc plus directement lié aux précipitations. Ces cours d'eau peuvent être à sec une grande partie de l'année, mais aussi présenter de fortes crues lorsque des précipitations intenses viennent alimenter le réseau karstique déjà saturé.

IV.2.2. Historique et observations de terrain

Numéro de localisation	Date/fréquence	Description / observations / photos	Sources
C.1	12 octobre 1988	Débordement du ruisseau des Grottes au niveau du lavoir. Les terrains en rive gauche et en rive droite ont été inondés. Un chenal a été aménagé en rive droite en 1991 pour limiter l'effet des crues. Voir en Annexe 8 : Photo 1, 2, 3 et 4.	Le Balmolan 2000

Numéro de localisation	Date/fréquence	Description / observations / photos	Sources
C.2	1988	L'usine de vitres a déjà été inondée (une levée de terre a ensuite été créée le long du ruisseau). L'ensemble de la zone était inondé. Il n'y a pas eu de problème observé depuis le recalibrage du cours d'eau.	Riverains
C.3	Une fois	La ferme du moulin d'Amblérieu a déjà été inondée par la rivière.	Mairie
C.4	Parfois	Le ruisseau de Cachenuit déborde parfois sur la route D65 dans le virage.	Riverains

IV.2.3. Aménagements et ouvrages

Aménagements existants ou insuffisances de gestion constatées ayant une influence négative sur les aléas étudiés et ouvrages de protection observés :

Numéro de localisation	Type d'aménagement / ouvrage	Maître d'ouvrage	Observations
A.1	Seuil, pont et dalot	Commune ?	À l'aval du lavoir, le ruisseau des Grottes est équipé d'un seuil en béton favorisant la déviation d'une partie des écoulements vers un canal en rive droite via un dalot. En cas de crue centennale, ces deux ouvrages peuvent atteindre leur limite de fonctionnement par comblement du lit à l'amont du seuil et obstruction du dalot. À l'aval du seuil, le cours d'eau passe sous un pont en pierres qui peut constituer un point noir hydraulique et favoriser les débordements de part et d'autre. Voir en Annexe 8 : Photo 5.
A.2	Buse	Département ?	Le canal de déviation du ruisseau des Grottes passe sous la RD65i au moyen d'une buse (Ø1000 estimé). Le cours d'eau étant envahi par la végétation (renouée du Japon), l'ouvrage est vulnérable aux embâcles. En cas d'obstruction de la buse, les débordements peuvent s'accumuler à l'amont de la RD65i faisant office de digue. Voir en Annexe 8 : Photo 6.
A.3	Pont	Département ?	Le ruisseau des Grottes passe sous la RD65i au moyen d'un petit pont en béton relativement bas (hauteur du tablier 1 m environ). Voir en Annexe 8 : Photo 7.
A.4	Ponceau	Commune ?	À l'aval de la RD65i, un petit pont d'accès à une parcelle privée franchit le ruisseau des Grottes. Le lit du cours d'eau est à cet endroit colonisé par des plantes aquatiques qui augmentent la vulnérabilité de l'ouvrage et peuvent favoriser les débordements. Voir en Annexe 8 : Photo 8.
A.5	Pont	Commune ?	Le ruisseau des Grottes passe sous la route de Port-Michaud via un petit pont. Le lit du cours d'eau est complètement envahi par la végétation (arbustes, ronces), rendant l'ouvrage très vulnérable aux embâcles. Voir en Annexe 8 : Photo 9.

A.6	Levées de terre	Commune ?	Deux petites levées de terre ont été érigées en rive gauche du ruisseau des Grottes, à l'amont et à l'aval de l'ouvrage A.5. La hauteur de ces levées est d'un mètre tout au plus. L'ouvrage amont était envahi par la végétation et peu visible lors des visites de terrain. Ces levées n'étant pas continues, elles ne peuvent pas empêcher les débordements de se produire au niveau de la route de Port-Michaud. Voir en Annexe 8 : Photo 10.
A.7	Ponceau	Département ?	Le ruisseau d'Amblérieu traverse la RD52c au moyen d'un ponceau de faibles dimensions (1 m de large pour 0,6 m de hauteur environ). L'ouvrage est très vulnérable aux embâcles (le cours d'eau peut facilement se charger en flottants à l'amont). Voir en Annexe 8 : Photo 11.
A.8	Pont	Département ?	Le ruisseau d'Amblérieu passe sous la RD65 au moyen d'un pont en voute. De nombreux arbres et arbustes sont présents dans le cours d'eau à l'amont de l'ouvrage, ce qui peut générer des embâcles. Voir en Annexe 8 : Photo 12.
A.9	Buse	Département ?	Le ruisseau de Cachenuit passe sous la RD65 au moyen d'une buse (Ø400 estimé).

IV.2.4. L'aléa

Les lits mineurs des cours d'eau ont été classés en aléas très fort (C4) avec des bandes systématiques de 5 m de large de part et d'autre de leur axe. Cette représentation permet de souligner la forte activité hydraulique qui peut se manifester sur les berges.

L'essentiel des zones de débordement ont été classées en aléa faible (C1) du fait de la morphologie de plaine impliquant de faibles vitesses et un étalement des débordements avec de faibles hauteurs d'eau. L'étendue de ces zones a été appréciée à partir des informations sur les événements passés et extrapolées à partir des données d'élévation Lidar.

Une petite dépression topographique au niveau d'un bâtiment de l'entreprise BioMérieux a été classée en aléa moyen (C2) du fait des hauteurs d'eau pouvant dépasser 0,5 m. Toujours sur le site de BioMérieux, un bassin (profondeur estimée à 2 m) a été classé en aléa fort (C3).

Les débordements du ruisseau d'Amblérieu à l'amont de la RD52c ont été classés en aléa fort (C3) du fait de l'encaissement du lit impliquant des hauteurs d'eau pouvant dépasser 0,5 m et des vitesses plus élevées (comprises entre 0,5 et 1 m/s). Notons que cette portion du cours d'eau n'est pas du tout entretenue (végétation anarchique) et de nombreux objets peuvent faire obstacle aux écoulements et favoriser les débordements (grillages en travers du cours d'eau notamment).

Enfin, les plans d'eau sur le ruisseau d'Amblérieu ont été classés en aléa très fort (C4).

IV.3. L'aléa inondation en pied de versant

IV.3.1. Observations générales sur le territoire

Quelques points bas dans la plaine, non connectés au réseau hydrographique, peuvent se

retrouver inondés soit par des eaux de ruissellement, soit par la remontée de la nappe. Il s'agit essentiellement de dépressions non naturelles : ancienne carrière, petites serves, etc.

IV.3.2. Événements historiques et observations de terrain

Sans objet.

IV.3.3. Aménagements et ouvrages

Aménagements existants ou insuffisances de gestion constatées ayant une influence négative sur les aléas étudiés et ouvrages de protection observés : sans objet.

IV.3.4. L'aléa

Une zone de cuvette formée à l'amont de la RD65 au Sud du bourg de La Balme-les-Grottes, et pouvant voir s'accumuler sur une faible hauteur des eaux de ruissellement, a été classée en aléa faible (I'1). Le site d'une ancienne carrière au Sud de la commune a été classé en aléa faible (I'1). Ne pouvant être alimenté que par les eaux de pluies et présentant un sol relativement perméable favorisant l'infiltration (calcaire), de faibles hauteurs sont à prévoir.

Un site d'extraction de matériaux au Nord du territoire ainsi qu'une serve entre les hameaux de Travers et de La Brosse, pouvant être sujets à une remontée de la nappe, ont été classés en aléa moyen (I'2).

Enfin, l'ancienne carrière à l'Ouest d'Amblérieu constituant un plan d'eau a été classée en aléa très fort (I'4).

IV.4. L'aléa ruissellement sur versant et ravinement

IV.4.1. Observations générales sur le territoire

Les phénomènes de ruissellement peuvent se produire dans deux contextes bien différents sur le territoire.

Le modelé karstique du plateau est plutôt favorable à l'infiltration des eaux météoriques. Cependant, en cas d'épisode de précipitation très intense, ou en cas de gel des sols, des ruissellements en surface peuvent se produire. Ils empruntent alors les fonds de vallons pouvant déboucher sur les reculées qui entaillent le bord du plateau. Les écoulements arrivent alors au niveau du talus d'éboulis constituant les versants. Lorsque les éboulis sont récents voire actifs, ils ne sont pas ou très peu recouverts de colluvions, et sont ainsi très perméables. Dans quelques cas cependant, les écoulements peuvent se poursuivre via des chemins ou routes concentrant les écoulements, ou lorsque les versants sont constitués d'une couche superficielle (colluvions) pouvant empêcher l'infiltration.

Au niveau de la plaine, les sols sont moins perméables, voire particulièrement défavorables à l'infiltration (cas des matériaux morainiques potentiellement riches en argiles). Aussi, la plaine est occupée par de vastes terrains agricoles, et certains types de cultures (céréales notamment) constituent un facteur aggravant vis-à-vis des phénomènes de ruissellement. Des écoulements de faible intensité peuvent ainsi se générer dans quelques vastes combes.

IV.4.2. Historique et observations de terrain

Numéro de localisation	Date/fréquence	Description / observations / photos	Sources
V.1	Autrefois	L'eau descendait par le chemin de Saint-Roch et inondait la zone du lotissement. Maintenant un fossé longeant le lotissement draine la zone.	Riverains
V.2	Autrefois	À Amblérieu, des écoulements provenant du versant et se concentrant dans le chemin s'éprouaient de part et d'autre puis s'infiltraient.	Riverains

IV.4.3. Aménagements et ouvrages

Aménagements existants ou insuffisances de gestion constatées ayant une influence négative sur les aléas étudiés et ouvrages de protection observés : sans objet.

IV.4.4. L'aléa

Les axes de concentration des eaux de ruissellement, tels que les fossés, chemin ou routes, ont été classés en aléa très fort (V4) avec des bandes systématiques de 5 m de large de part et d'autre de leur axe. Cette représentation permet de souligner la forte activité hydraulique ou les phénomènes de ravinement qui peuvent se produire en bordure.

Les combes génératrices de ruissellements ainsi que les zones de propagation des écoulements dans la plaine ont été traduites en aléa faible (V1) pour les faibles lames d'eau attendues.

Les zones de divagation au débouché des axes de concentration ont généralement été classées en aléa fort (V3) du fait des vitesses potentiellement élevées et des dépôts de matériaux pouvant localement dépasser 0,5 m. Quelques zones ont été classées en aléa moyen (V2) du fait des hauteurs attendues plus faibles. Il s'agit des zones au débouché du chemin de Saint-Roch et d'un ancien petit cône de déjection à l'amont d'Amblérieu.

IV.5. L'aléa glissements de terrain

IV.5.1. Observations générales sur le territoire

Le contexte géomorphologique de la commune est globalement peu favorable aux phénomènes de glissements de terrain.

En effet, les couches calcaires constituant le plateau étant sub-horizontales, elles en peuvent générer de glissements en elles-mêmes. Cependant, la couche superficielle pouvant recouvrir les terrains calcaires (couche d'altération et/ou de colluvions) sur les pentes faibles et modérées présente une sensibilité aux glissements superficiels.

Aussi, la plaine et certains pieds de versants sont constitués de terrains morainiques potentiellement riches en argiles, et présentant une sensibilité aux glissements au-delà de certaines pentes. Les configurations de faible épaisseur de ces terrains sur le substratum ou de faible dénivelée des versants ne laisse envisager que des glissements de faible profondeur, peu intenses.

IV.5.2. Historique et observations de terrain

Aucun phénomène actif n'a été identifié sur le territoire

IV.5.3. Aménagements et ouvrages

Aménagements existants ou insuffisances de gestion constatées ayant une influence négative sur les aléas étudiés et ouvrages de protection observés : sans objet.

IV.5.4. L'aléa

Seuls des glissements de terrain superficiels d'intensité faible sont envisagés sur le territoire. La probabilité d'occurrence des glissements est évaluée entre faible et moyenne essentiellement selon la pente des terrains. Ainsi, les versants sont qualifiés par de l'aléa faible (G1) ou moyen (G2a).

IV.6. L'aléa chute de pierres et de blocs

IV.6.1. Observations générales sur le territoire

La commune de La Balme-les-Grottes est particulièrement concernée par les phénomènes de chutes de pierres et de blocs, qui sont générés par l'affleurement des formations calcaires constituant le plateau.

Les falaises formant le bord du plateau sont particulièrement propices au phénomène, mais des chutes depuis des affleurements de hauteur limitée ou des remises en mouvement de blocs isolés peuvent aussi se produire dans des pentes généralement dissimulées en zones boisées.

Les propagations des blocs, selon les types de versant, peuvent être particulièrement longues, comme en témoigne l'événement du 31 janvier 2017 au Nord du bourg de La Balme (cf. § IV.6.2).

Concernant les volumes susceptibles de se propager, plusieurs scénarios sont envisageables. D'une façon générale, les calcaires présentent une importante stratification de faible épaisseur (quelques cm à quelques dizaines de cm d'épaisseur) et plusieurs familles de fractures subverticales, amenant à un découpage des affleurements en dièdres, piliers et surplombs, dont les volumes peuvent varier de quelques litres à plusieurs mètres cubes.

L'activité des zones de départ peut être forte pour les petits volumes (nombreuses pierres observées en pied de falaise), mais est bien plus faible pour les volumes importants, pour lesquels peu de blocs sont observés dans les versants.

IV.6.2. Historique et observations de terrain

Numéro de localisation	Date/fréquence	Description / observations / photos	Sources
P.1 (localisation approximative)	Années 2000	Un éboulement rocheux s'est produit à l'amont de la RD65, sans l'atteindre. Un bloc de 2 m ³ s'est arrêté une dizaine de mètres en amont de la chaussée. Les autres éléments semblent s'être fragmentés en petits éléments (volume <0,05 m ³). Des travaux de purge ont été réalisés suite à cet éboulement.	Réf. 5
P.2	31 janvier 2017	Un volume d'une dizaine de mètres cubes s'est détaché à mi-hauteur de la falaise à une centaine de mètres au Nord du bourg. Le volume s'est détaché en deux blocs principaux ayant suivi deux trajectoires distinctes nettement visibles dans le versant boisé (les blocs n'ont pas été déviés par les arbres). Les deux blocs, de respectivement 3,5 et 6,4 m ³ ont impacté la RD65 avant de s'arrêter dans le terrain en friche au pied du versant après une quarantaine de mètres de propagation sur le plat. De nombreux blocs secondaires inférieurs de l'ordre de 10 litres sont observés sur la RD65 et à l'aval jusqu'aux blocs principaux. Un bloc d'environ 0,25 m ³ est observé dans le talus à l'aval de la RD65, sur la trajectoire du bloc Sud dont il semble s'être détaché. L'angle des lignes d'énergie entre les blocs et leur zone de départ a été mesuré à 31°. D'anciens gros blocs de l'ordre de quelques mètres cubes sont observés au pied du talus à l'aval de la RD65. Voir en Annexe 8 : Photo 13 à 18	Terrain

IV.6.3. Aménagements et ouvrages

Aménagements existants ou insuffisances de gestion constatées ayant une influence négative sur les aléas étudiés et ouvrages de protection observés : sans objet.

IV.6.4. L'aléa

Identification des zones de départ, intensité et activité

L'identification des zones de départ de chutes de blocs a été effectuée à partir du traitement des données d'élévation Lidar suivi d'une validation de terrain. Une carte des zones de départ est présentée en Annexe 5.

À chaque zone de départ est associé l'indice d'intensité (volume de bloc) retenu pour le scénario de référence. Il a été choisi d'après les volumes des plus gros blocs éboulés observés. En l'absence de blocs, l'intensité a été choisie en comparant des configurations de zones de départ similaires (lithologie, fracturation) pour lesquelles des blocs ont été observés.

Quant à l'indice d'activité, il a été retenu comme faible pour l'ensemble des zones de départ (peu de blocs observés en pied de zone de départ ou dans les versants pour les volumes retenus).

Probabilité d'atteinte et probabilité d'occurrence

La probabilité d'atteinte des blocs a été évaluée à partir du principe de la ligne d'énergie selon la méthodologie explicitée en Annexe 6, grâce aux données d'élévation Lidar, et corrigée selon les

observations de terrain lorsque des singularités topographiques perturbent l'application stricte du principe de la ligne d'énergie. C'est le cas par exemple du chenal de déviation du ruisseau du Bourg, transparent vis-à-vis de la ligne d'énergie, mais qui en réalité fait obstacle aux blocs en fin de trajectoire. L'enveloppe de la probabilité d'atteinte à son niveau est donc réduite par rapport à l'enveloppe donnée par l'angle de ligne d'énergie.

Un total de 39 profils topographiques de versant a été étudié sur le territoire communal. Ils sont localisés sur la carte des zones de départ en Annexe 5 et représentés en Annexe 7.

L'indice d'activité étant faible pour l'ensemble des zones de départ potentielles, les niveaux de probabilité d'occurrence correspondent directement aux niveaux de probabilité d'atteinte (cf. matrices du paragraphe III.3.7.2).

Aléa résultant

L'aléa résultant a été obtenu en croisant la matrice « probabilité d'occurrence » x « intensité » (cf. § III.3.7.2). Des ajustements ont été effectués pour des cas particuliers :

- Lorsqu'une zone est concernée par des propagations de blocs pouvant provenir de différentes zones de départ, avec des niveaux d'intensité et de probabilité d'occurrence différents, et donc des niveaux d'aléa différents, ce sont les niveaux d'aléa correspondant à la configuration la plus défavorable qui ont été affichés. C'est le cas notamment au niveau de la partie sud du Bourg, où l'on rencontre une succession de barres rocheuses dans le versant caractérisées par des niveaux intensité différents.
- Lors d'une mauvaise lisibilité des différents niveaux d'aléas obtenus par l'application de la matrice, l'enveloppe des niveaux les plus faibles a pu être intégrée à un niveau d'aléa plus élevé. C'est le cas notamment des zones d'aléa liées à des propagations très courtes (escarpements de faible hauteur avec arrêt rapide des blocs), comme au niveau du chemin de Saint-Roch. Malgré une intensité faible, le niveau d'aléa est affiché fort sur l'ensemble des zones de propagation.

Nous attirons l'attention sur la présence d'une importante masse rocheuse à l'amont de bâtiments au niveau du restaurant Le Mandrin, impliquant un niveau d'aléa très fort aggravé (P5). Le volume de cette masse a été estimé à 250 m³ lors d'une étude réalisée par la société Géolithe en 2002 (réf. 7), avec un niveau d'instabilité très élevé. À ce jour, les préconisations proposées par Géolithe n'ont pas été réalisées (confortement du pilier rocheux et mise en place d'écrans de filets à l'amont des bâtiments).

IV.7. L'aléa effondrements de cavités souterraines et suffosion

IV.7.1. Observations générales sur le territoire

Le plateau de l'Île Crémieu, par sa nature karstique, est composé de cavités naturelles. En témoignent les Grottes de La Balme ainsi que d'autres cavités recensées en bordure du plateau et non exploitées pour le tourisme. Cependant, le karst semble peu développé sur l'ensemble du plateau, et les Grottes de La Balme constituent une exception vis-à-vis du réseau actuellement connu. Aussi, le karst du plateau de Crémieu est un karst dit « de couverture ». Il a été totalement

recouvert par les formations glaciaires. De ce fait, le réseau souterrain montre peu de connexions avec la surface et le paysage ne présente pas ou peu d'éléments du modelé karstique classique (dolines, pertes, avens, etc.). L'identification et la caractérisation des cavités au sein du plateau (localisation, profondeur, volumes, etc.) n'est pas possible par simple visite de terrain. Seule une doline a été identifiée sur la commune : le Creux Gelé

De plus, aucun effondrement de cavité n'a été recensé ou identifié, ce qui laisse à penser que les potentielles instabilités en profondeur ne se propagent pas jusqu'à la surface.

Des formations géologiques quaternaires composent une large partie des terrains de la plaine. Il s'agit de matériaux meubles liés aux nombreux stades glaciaires qui ont sévi sur la région et dont leur épaisseur peut atteindre plusieurs mètres. On note une certaine activité hydrogéologique au sein de ses formations qui se traduit par des circulations d'eaux souterraines et de nombreuses sources. Ce contexte est propice au phénomène de suffosion : des écoulements souterrains préférentiels peuvent s'instaurer au niveau de certaines couches drainantes et conduire à des phénomènes dits de soutirage, sous l'action mécanique de l'eau. Cette dernière peut ainsi lessiver progressivement la structure du sol en entraînant avec elles les éléments les plus fins. Dans certains cas, le sol se tasse au fur et à mesure qu'il voit sa structure se décomposer, ce qui conduit à l'apparition de cuvettes en surface. Dans d'autres cas, des cavités souterraines se forment et se développent tant que les écoulements se maintiennent. Le toit de la cavité se fragilise au fur et à mesure que la cavité s'élargit et finit par céder brutalement, soit naturellement, soit à la suite d'une surcharge (passage d'un véhicule, gros animal, etc.). De tels effondrements sont la plupart du temps imprévisibles, le processus conduisant à leur formation étant d'origine souterraine, donc masqué.

IV.7.2. Historique et observations de terrain

Numéro de localisation	Date/fréquence	Description / observations / photos	Sources
F.1	-	Les Grottes de La Balme sont constituées d'une grande cavité principale d'une quarantaine de mètres de hauteur (la « salle de la Grande Coupole ») débouchant sur un porche d'une trentaine de mètres de hauteur et une quinzaine de mètres de large. Ce volume principal est accompagné d'un réseau de petites salles et conduits (« labyrinthes ») dont le linéaire total connu atteint plusieurs kilomètres. Elles auraient été occupées dès la préhistoire et sont visitées depuis plusieurs siècles. Seules quelques chutes de pierres ont été recensées dans les années 1990	RTM
F.2	Il y a quatre-cinq ans	En limite communale avec Hières-sur-Amby, des trous de suffosion se sont produits lors de la réalisation de travaux sur la route de La Brosse. Un effondrement de 20 m ² a eu lieu sur la commune de Hières-sur-Amby tandis qu'un autre de moindre intensité aurait eu lieu sur la commune de La Balme-les-Grottes.	Mairie de Hières-sur-Amby

IV.7.3. Aménagements et ouvrages

Aménagements existants ou insuffisances de gestion constatées ayant une influence négative sur

les aléas étudiés et ouvrages de protection observés : sans objet.

IV.7.4. L'aléa

La probabilité d'occurrence d'effondrements de cavités naturelles sur le plateau calcaire est considérée comme négligeable à l'échelle centennale. Une seule doline a été recensée. Elle a été classée en aléa moyen F2 du fait de son diamètre important. Les caractéristiques du karst du plateau de l'Île Crémieu (karst de couverture, apparemment peu développé au sein de calcaires massifs) ne laissent envisager que des phénomènes exceptionnels d'occurrence à l'échelle des temps géologiques pour le reste de la zone.

Cette analyse vaut pour les Grottes de La Balme, bien qu'elles semblent être une exception vis-à-vis du faible développement du karst (elles présentent en effet d'importants volumes de vides). En effet, visitées depuis plusieurs siècles, aucun événement laissant envisager l'apparition d'instabilité en surface n'a été recensé.

Cependant, l'impossibilité de localiser et caractériser d'autres éventuelles cavités sur l'ensemble du plateau incite à afficher un aléa faible généralisé par précaution.

Concernant les phénomènes de suffosion, la zone en limite avec la commune de Hières-sur-Amby a été classée en aléa faible (F1) au vu de la faible intensité des phénomènes potentiels et de la probabilité d'occurrence faible (phénomène historique imprécis).

Un aléa faible généralisé est aussi affiché sur l'ensemble de la plaine afin d'attirer l'attention sur la possibilité de phénomènes de suffosion dans les formations fluvioglaciales, mais sans présence certaine en tout point.

Afin de ne pas surcharger la carte des aléas, cet aléa faible généralisé d'effondrement de cavités naturelles et suffosion est affiché en encart sur fond topographique au 1/25 000.

V. Bibliographie

1. **Carte topographique** « série bleue » au 1/25 000 Feuille 3131E (Crémieu)
2. **Carte géologique de la France** au 1/50 000 Feuille 0699N (Montluel)
3. **Plan cadastral** au 1/5000 de la commune de La Balme-les-Grottes
4. Extraits sur l'ensemble du territoire communal du Modèle Numérique de Terrain 1 m et des orthophotoplans issus du levé lidar aéroporté réalisé par Sintégra pour les communautés de communes de l'Isle Crémieu et du Pays des Couleurs - 2016
5. Géolithe – A la demande de la Subdivision de Crémieu et pour le compte du Conseil Général de l'Isère – RD65 - PR23+300 à 23+600 - La Balme-les-Grottes – Étude des risques de chutes de blocs – Étude de faisabilité géotechnique – septembre 2006.
6. Société Alpine de Géotechnique – Conseil Général de l'Isère, Territoire Haut-Rhône Dauphinois – RD65 - PR23+300 à 23+600 - La Balme-les-Grottes – Étude des risques de chutes de blocs – mars 2015.
7. Géolithe – A la demande et pour le compte de la commune de La Balme-les-Grottes – Front rocheux entre les grottes et le restaurant Le Mandrin – Commune de La Balme-les-Grottes (38) – Protection contre les éboulements rocheux – Étude de faisabilité géotechnique – septembre 2002.
8. GT MEZAP – Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie - Proposition d'une note technique à l'attention des Services Déconcentrés de l'État en charge des procédures PPRn – Méthodologie de l'élaboration du volet « aléa rocheux » d'un PPRn – 2014.
9. Avenir, conservatoire des espaces naturels de l'Isère – Atlas cartographique : étangs grottes et coteaux secs de l'Île Crémieu – Tome B – Site Natura 2000 – FR8201727 – 2007.
10. www.insee.fr
11. www.meteofrance.fr
12. www.prim.net
13. www.geoportail.fr
14. www.georisques.gouv.fr/
15. www.rtm-onf.ign.fr
16. www.infoterre.brgm.fr
17. <http://www.plongeesout.com/sites/raba/isere/balme.html>

VI. Annexes

Annexe 1 Carte d'exposition sismique

Un séisme est un phénomène vibratoire naturel affectant la surface de l'écorce terrestre et dont l'origine est la rupture mécanique brusque d'une discontinuité de la croûte terrestre.

Les particularités de ce phénomène, et notamment l'impossibilité de l'analyser hors d'un contexte régional - au sens géologique du terme - imposent une approche spécifique. Cette approche nécessite des moyens importants et n'entre pas dans le cadre de cette mission. Le zonage sismique de la France a été défini par le décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français, pour l'application des nouvelles règles de construction parasismiques. Ce zonage sismique divise le territoire national en cinq zones de sismicité croissante (de très faible à forte), en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes. Les limites de ces zones sont, selon les cas, ajustées à celles des communes ou celles des circonscriptions cantonales.

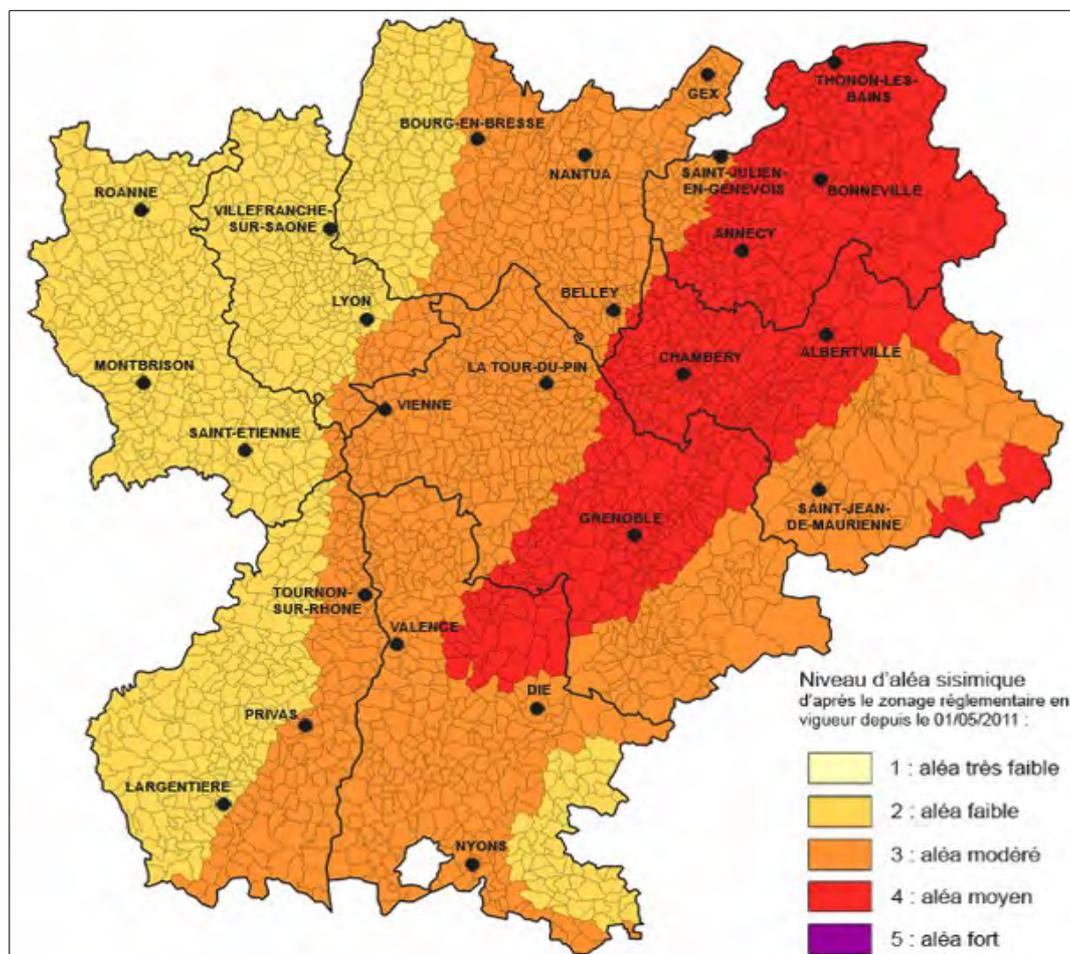
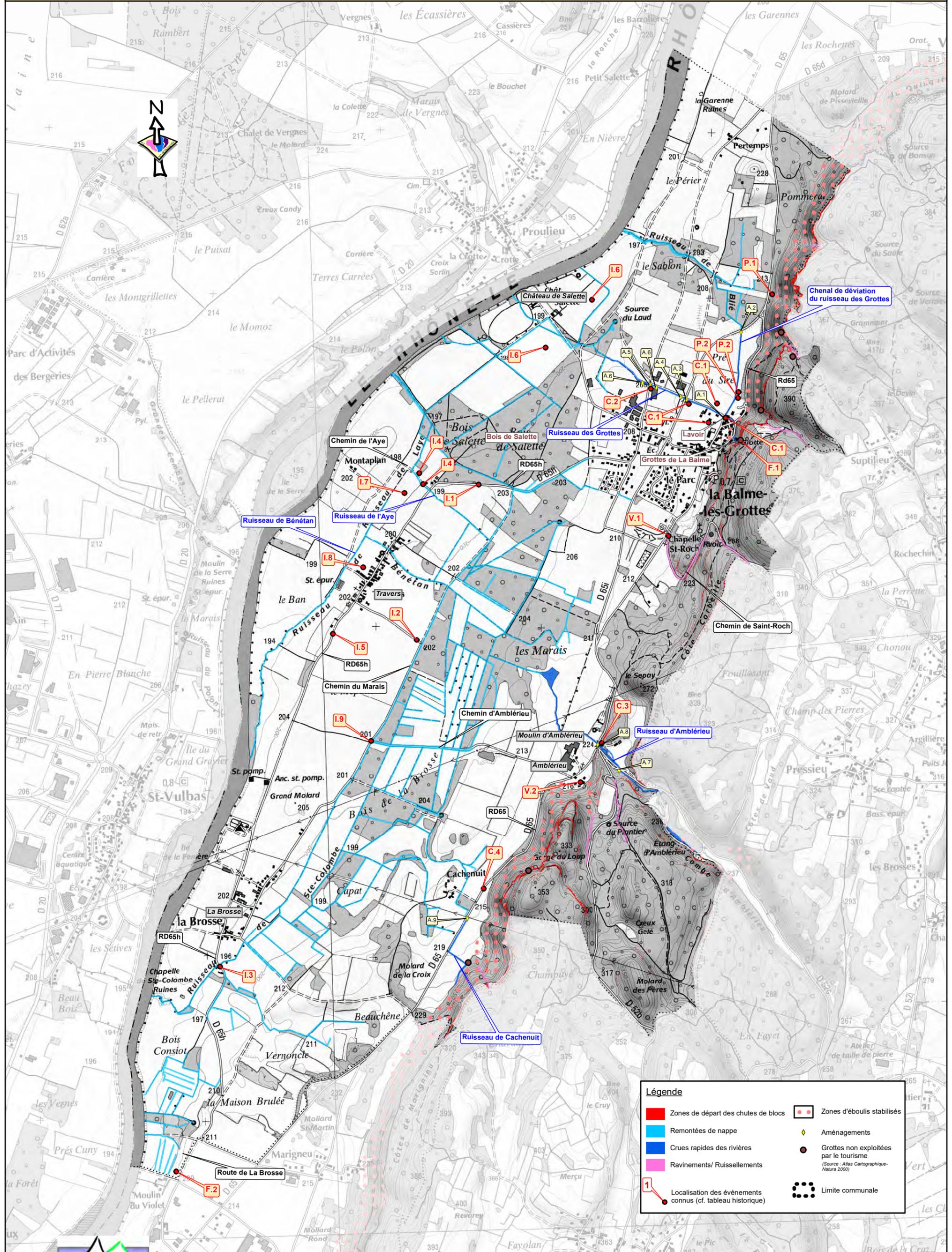


Figure VI.1: Zonage de sismicité de la région Rhône-Alpes.

D'après ce zonage, la commune de La Balme-les-Grottes se situe en zone de sismicité 3 (modérée).

Annexe 2 Carte informative des phénomènes naturels

Cf. page suivante.



Légende

█ Zones de départ des chutes de blocs	● Zones d'éboulis stabilisés
█ Remontées de nappe	◆ Aménagements
█ Crues rapides des rivières	● Grottes non exploitées par le tourisme (Source : Atlas Cartographique-Natura 2000)
█ Ravinements/ Ruissellements	● Limite communale
1 Localisation des événements connus (cf. tableau historique)	



Annexe 3 Étude hydrologique sommaire : méthode et résultats

Les plugins développés par Alp'Géorisques permettent de calculer les débits décennaux et centennaux pour tout exutoire identifié à partir d'un fichier SIG vectoriel de points.

1. Création automatique des bassins versants et des thalwegs

Dans un premier temps, les bassins versants et les plus longs thalwegs sont créés automatiquement à partir des données topographiques raster disponibles. Les résultats suivants sont extraits pour chaque exutoire renseigné par l'utilisateur :

- le bassin versant associé à l'exutoire (polygone) ;
- la superficie du bassin versant ;
- le plus long thalweg associé à l'exutoire (polyligne) ;
- la longueur du plus long thalweg ;
- le profil en long du plus long thalweg ;

Par défaut, les données topographiques utilisées sont issues d'un MNT au pas de 25 m. Plus la résolution des données topographiques raster est fine et meilleurs sont les résultats.

2. Calcul des débits

Suite à la première étape de calcul automatique des bassins versants et des thalwegs, l'utilisateur est libre de modifier ou non les données créées automatiquement en fonction des observations de terrain (par exemple intégration d'une partie d'un bassin versant voisin par une voirie).

Les données d'occupation du sol et de précipitations centennales et décennales sont extraites pour chaque bassin versant par extrapolation des précipitations mesurées sur les postes pluviométriques voisins. À partir de ces données le volume ruisselé est estimé grâce à la méthode de production du SCS. Cette méthode repose sur un unique paramètre appelé Curve Number (CN) qui décrit le type de sol, le type d'occupation du sol et l'état de saturation du sol (par défaut le type de sol a été considéré comme peu perméable (classe C) et le sol à un niveau de saturation moyen).

Le calcul du débit à l'exutoire s'effectue grâce à la convolution de l'hydrogramme unitaire du SCS appliqué aux volumes ruisselants. Les résultats suivants sont extraits pour chaque exutoire :

- le profil en long du plus long thalweg ;
- la longueur du plus long thalweg ;
- l'occupation du sol dans l'emprise du bassin versant ;
- les cumuls de pluies décennales dans l'emprise du bassin versant ;
- les cumuls de pluies centennales dans l'emprise du bassin versant ;
- les hyétogrammes de projet centennaux et décennaux ;
- les hydrogrammes décennaux et centennaux ;
- les débits de pointes décennaux et centennaux ;
- les débits spécifiques décennaux et centennaux ;

Données d'occupation du sol

L'occupation du sol est issue des données « Corine Land Cover » qui ont été simplifiées en créant 14 catégories auxquelles ont été associés des « Curve Number », paramètre utilisé dans la

fonction de production du SCS pour calculer le volume ruisselant.

Occupation du sol	Curve Number
Cultures	85
Divers	80
Eaux	98
Forêts denses	70
Forêts peu denses	73
Glaciers	95
Plages, dunes et sable	79
Prairies et espaces verts	74
Roches	90
Végétation clairsemée	78
Vergers	80
Vignobles	85
Zones urbaines denses	90
Zone urbaines peu denses	80

Un Curve Number moyen (pondéré par la surface) est ainsi calculé.

Précipitations décennales et centennales

Les précipitations décennales et centennales utilisées sur le département de l'Isère sont issues de la thèse de A.Djrboua : « Cartographie des pluies extrêmes du département de l'Isère ».

La durée de précipitation retenue correspond au temps de concentration du bassin versant sauf :

- si le temps de concentration est inférieur à une heure. Dans ce cas, la durée de la pluie retenue est d'une heure ;
- si le temps de concentration est supérieur à 24 heures. Dans ce cas, la durée de la pluie retenue est de 24 heures.

3. Calcul du débit

Le programme calcule un hydrogramme (enregistré dans un fichier texte) et le débit de pointe (inscrit dans la table attributaire) pour chaque débit de référence.

Calcul du volume ruisselant

Le volume ruisselant est calculé grâce à la fonction de production du SCS à partir du Curve Number moyen et des précipitations pour chaque pas de temps d'après les formules suivantes :

$$Pe = \frac{(P - Ia)^2}{P - Ia + S}$$

$$Ia = 0,2S$$

$$S = \frac{25400 - 254 CN}{CN}$$

où CN est le Curve Number.

Calcul du débit

Le calcul du débit à partir du volume ruisselant s'effectue grâce à la méthode de convolution de l'hydrogramme unitaire du S.C.S donné en Figure VI.2.

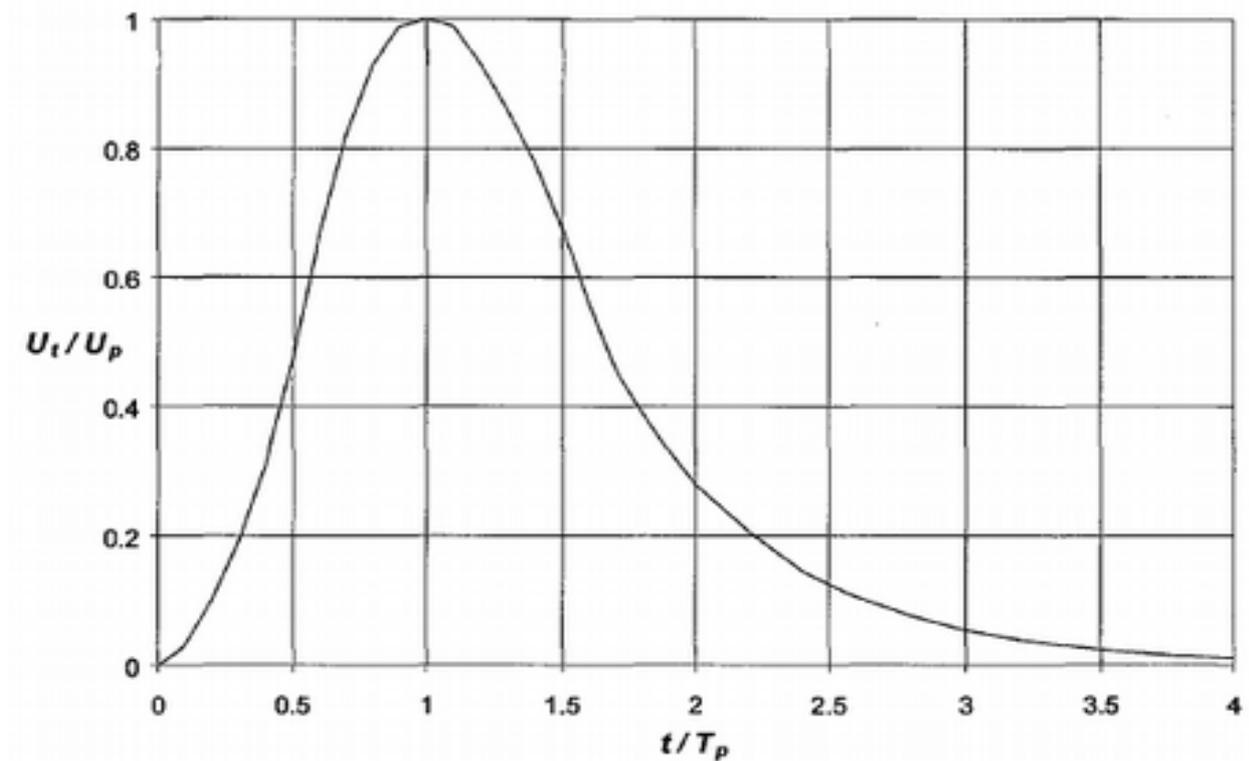
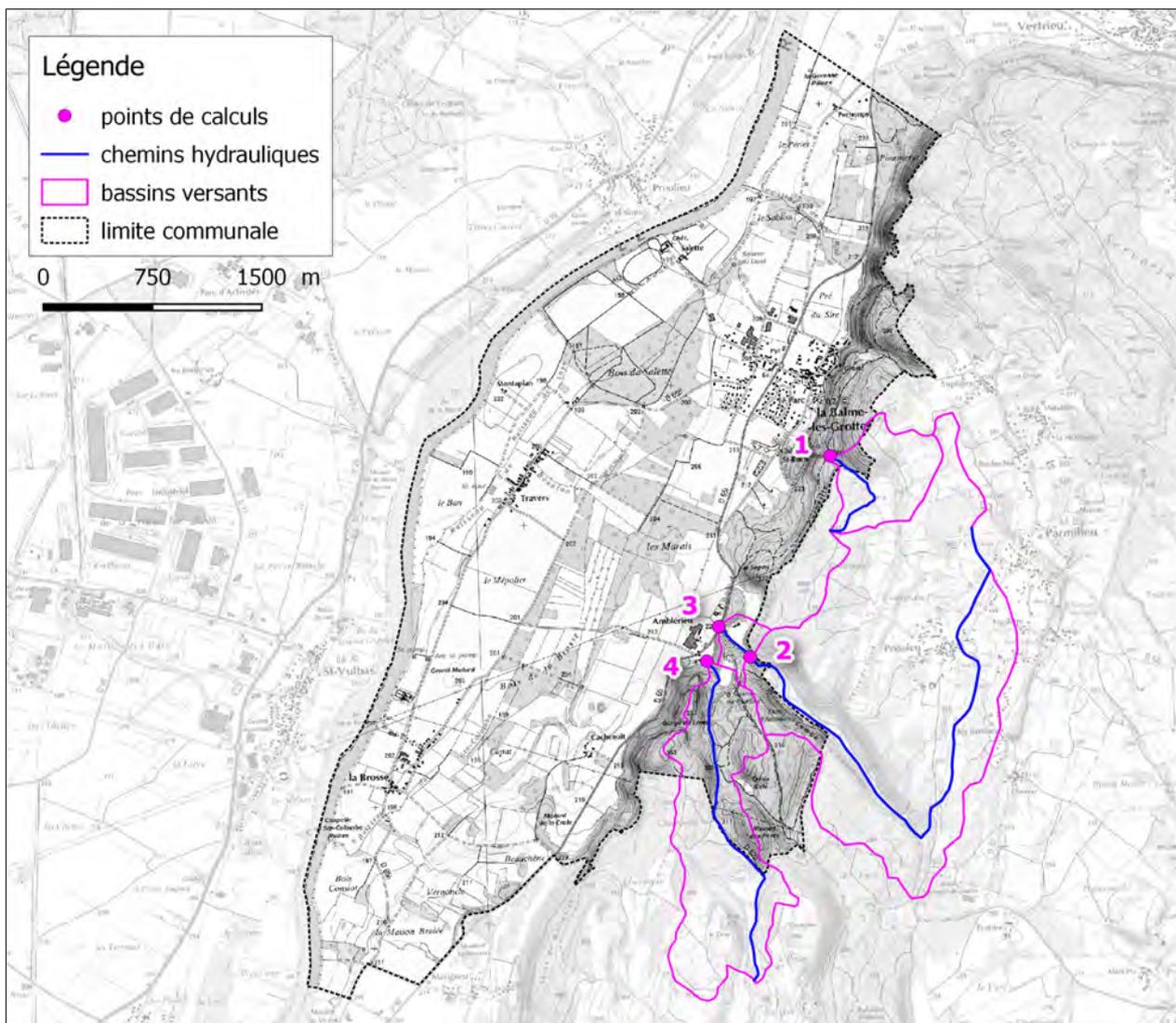


Figure VI.2: Hydrogramme unitaire du SCS

4. Résultats

Les exutoires des bassins versants pour lesquels un débit centennal a été calculé sont localisés et numérotés sur la figure suivante :



Localisation et numérotation des exutoires des bassins versants topographiques de plus de 5 ha.

Les paramètres des bassins versant et les résultats des débits centennaux estimés sont rassemblés dans le tableau suivant :

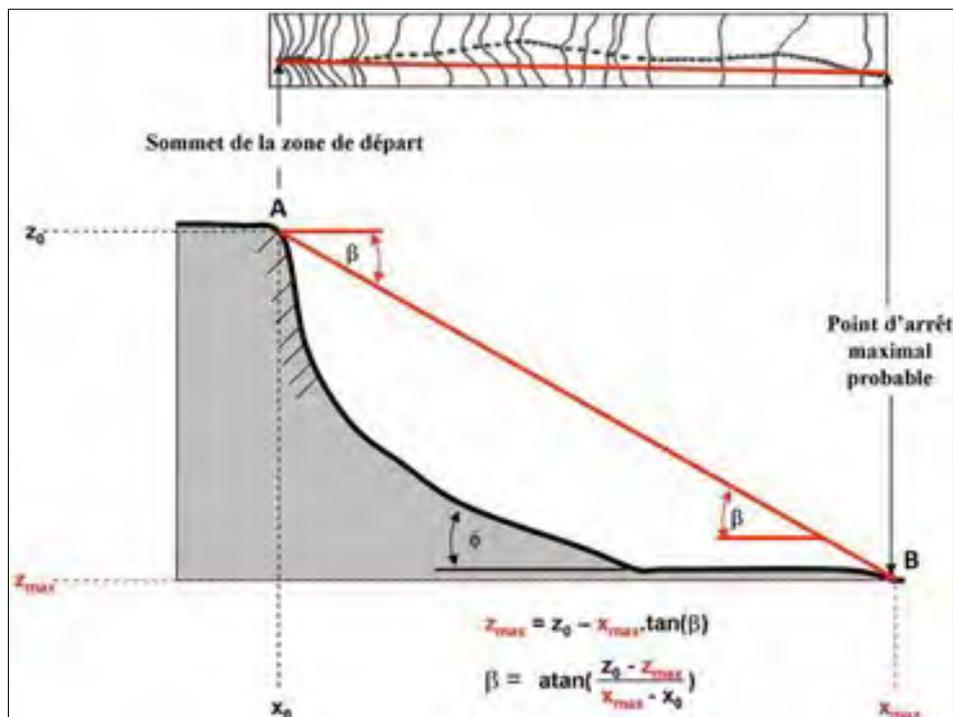
N° du bassin versant	Surface du bassin versant (ha)	Longueur du plus long thalweg (m)	Altitude min (m)	Altitude max (m)	Tc (min)	Curve Number	Durée de pluie retenue (h)	Débit centennal (m³/s)
1	41	855	296	340	11	79	1,0	2,5
2	328	4268	230	348	60	77	1,0	6,5
3	337	4668	225	348	65	77	1,1	6,7
4	123	2476	226	386	32	75	1,0	3,4

Annexe 4 Principe de la ligne d'énergie

La méthode dite de la ligne d'énergie (ou encore méthode des cônes) permet d'estimer, à partir d'une zone de départ de chute de roches, la localisation du point d'arrêt maximal probable des blocs. Elle est basée sur le principe de la ligne d'énergie développé par Heim en 1932.

Principe général

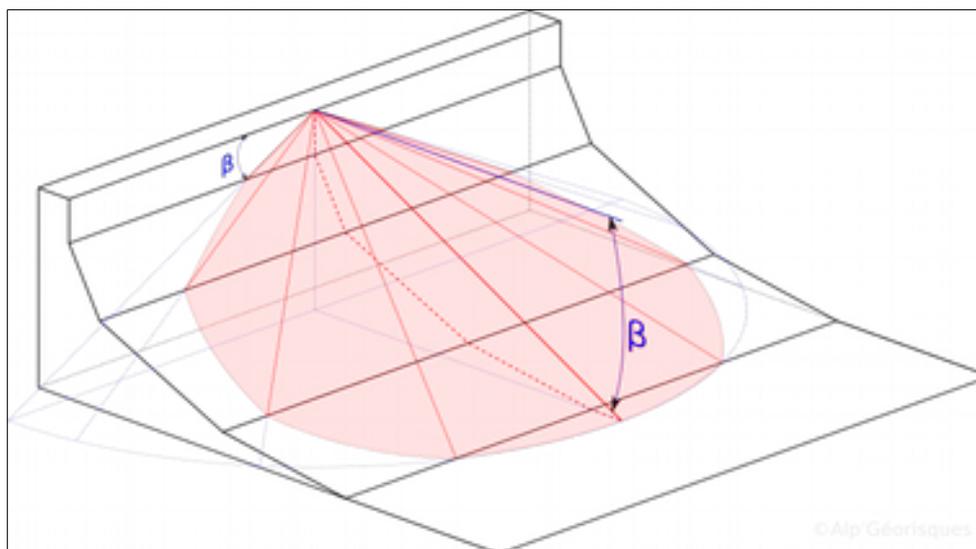
Le modèle de la ligne d'énergie repose sur le principe simple et trivial selon lequel un bloc ne peut progresser sur une pente que si celle-ci est suffisamment raide. Si la pente est supérieure à un angle limite β , le bloc accélère, sinon, il ralentit. Ainsi, un bloc peut se déplacer d'un point de départ A à un point d'arrivée B, point d'intersection de la topographie avec une ligne imaginaire partant du point A et faisant un angle β avec l'horizontale (fig. 1). Cette ligne est appelée « ligne d'énergie », et l'angle β « angle de la ligne d'énergie ».



Représentation schématique du principe de la ligne d'énergie et de la formule permettant de déterminer l'angle beta (modifié d'après Berger et Dorren, 2008).

Pour une zone de départ donnée, connaissant le profil topographique du versant en aval de cette zone, on peut alors, si l'on connaît la valeur de l'angle β , proposer le point maximal probable qu'atteindra tout projectile partant de la zone de départ.

Afin de prendre en compte la possibilité de déviation du bloc par rapport à trajectoire principale (à cause de la forme du bloc ou de la présence d'obstacles), il est possible de définir un cône de propagation des blocs, de sommet A et d'angle β par rapport à l'horizontale.



Exemple de cône de propagation défini selon un angle beta par rapport à l'horizontale.

Cette méthode peut être appliquée « manuellement » ou à l'aide de données numériques. Dans le premier cas, elle sera appliquée via différents profils sur lesquels seront calculés les points maximaux d'arrêt probable, et par interpolation à dire d'expert entre ces profils. Dans le deuxième cas, le logiciel Rollfree, développé sous environnement Matlab par IRSTEA (Toe et Berger, 2004), permet d'appliquer cette méthode à partir d'un modèle numérique de terrain. C'est le logiciel utilisé dans cette étude.

Angle de trajet / angle géométrique

Deux possibilités se présentent quant à l'implantation du profil topographique auquel appliquer le principe de la ligne d'énergie.

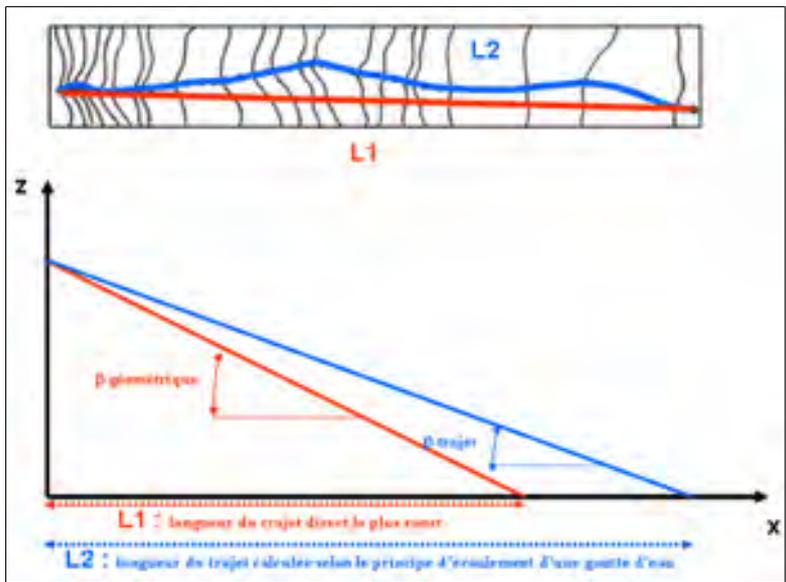
Une première école de pensée préconise d'utiliser un profil rectiligne, selon la direction de plus grande pente depuis le point de départ, que l'on peut appeler « profil géométrique » (en rouge sur la figure suivante). L'angle associé à la ligne d'énergie dans ce cas est appelé « angle géométrique ». La topographie entre le point de départ et le point d'arrêt n'est donc absolument pas prise en compte.

Une seconde école de pensée propose d'utiliser le profil en long correspondant au trajet le plus probable par rapport à la topographie du versant, que l'on peut appeler « profil de trajet » (ligne d'écoulement topographique, en bleu sur la figure suivante). L'angle associé est alors appelé « angle de trajet ».

Le point d'arrêt est le même dans les deux cas, mais le profil de trajet est plus long que le profil géométrique, puisqu'il respecte les variations locales de topographie. La différence de longueur entre les deux profils se traduit par une différence entre les angles associés (de quelques degrés d'après MEZAP³).

Le logiciel RollFree utilise l'angle géométrique. En effet, l'angle de trajet impliquerait d'utiliser ou développer un principe de calcul d'écoulement, ce qui est plus complexe à mettre en œuvre.

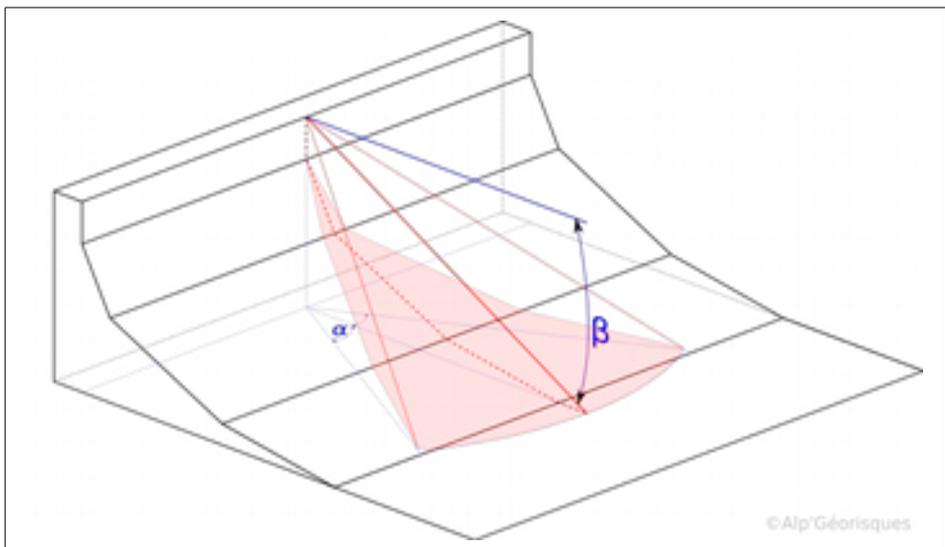
³ Groupe de travail « Méthodologie de Zonage de l'Aléa chutes de Pierre » animé par IRSTEA pour le Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie.



Principe de l'angle géométrique (rouge) et de l'angle de trajet (bleu). Le point d'arrêt est le même dans les deux cas, mais le profil de trajet est plus long que le profil géométrique, ce qui explique que les deux profils déroulés sur un même axe semblent aboutir à deux points d'arrêt différents.

Angle d'analyse

Afin de prendre en compte la possibilité de déviation de la trajectoire des blocs par rapport à la ligne de plus grande pente, le logiciel Rollfree permet d'appliquer un angle d'analyse de part et d'autre de la/des direction(s) principale(s) de propagation.



Exemple d'application d'un angle d'analyse alpha de part et d'autre de la direction principale de propagation.

Cet angle peut être appliqué entre 5 et 30°. Les développeurs de Rollfree recommandent d'utiliser un angle d'analyse entre 20 et 30°.

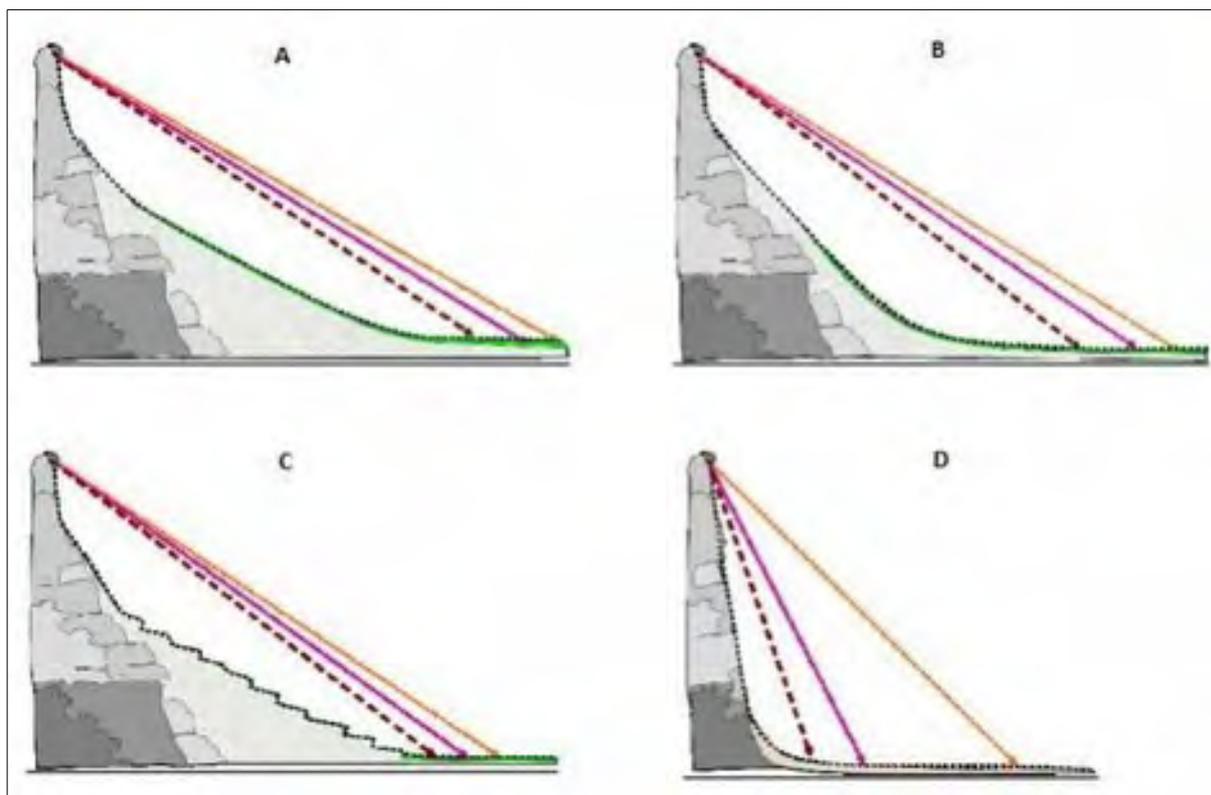
Données bibliographiques et valeurs usuelles de quantification de la probabilité d'atteinte

De nombreux auteurs ont travaillé sur la détermination de l'angle de la ligne d'énergie, par l'analyse de données de terrain (blocs éboulés) ainsi que d'expériences en laboratoire ou grandeur nature. Le tableau suivant présente les résultats d'une analyse statistique des valeurs de l'angle géométrique rencontrées dans la littérature, réalisée par le groupe de travail MEZAP (aucune précision n'est faite sur la signification des qualificatifs « minimal » et « maximal » relatifs aux angles issus des données bibliographiques) :

Statistique	Ensemble des données bibliographiques (1968-2014)		Base de données RTM 2011-2013	Expérimentations à échelle réduite IRSTEA 2014
	Angle géométrique minimal	Angle géométrique maximal	Angle géométrique	
Moyenne	30.68°	43,55°	36,69°	33,47°
Min	23.28°	30°	24,65°	23,28°
1 ^{er} quartile	28.84°	37,93°	33°	27,94°
2 ^{ème} quartile	31.32°	38,90	36°	31,56°
3 ^{ème} quartile	33°	45,10°	40°	36,62°
Max	36,87°	90,00°	58,42°	90°

On remarque que les valeurs de l'angle géométrique s'étalent sur une plage très large de 23,28° à 90°. D'après les résultats statistiques obtenus, le GT MEZAP propose, **à titre indicatif**, des plages de valeurs permettant une quantification de la probabilité d'atteinte, ainsi que des modulations de ces intervalles d'angles selon des profils types de versant :

Probabilité d'atteinte d'un point	Intervalles d'angles de la ligne d'énergie
Très forte	35° et plus
Forte	33° - 35°
Moyenne	30° - 33°
Faible	26° - 30°



Profils types et lignes d'énergies associées proposés par le groupe de travail MEZAP (modifié d'après GT MEZAP, 2014). A : profil de pente régulière en pied de zone de départ, répartition statistique des blocs régulière selon des valeurs d'angles usuelles (30° - 34°) ; B : Profil de pente régulière en pied de zone de départ avec replat marqué en fin de trajectoire, répartition statistique des blocs régulière selon des valeurs d'angles plus fortes (31° - 38°) ; C : Profil de pente irrégulière en pied de zone de départ, répartition statistique des blocs régulière selon des valeurs fortes (30° - 38°) ; D : Falaise et replat marqué, répartition statistique des blocs très resserrée selon des valeurs d'angle très fortes.

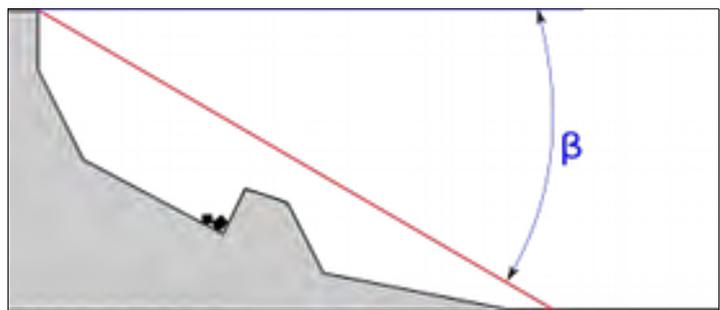
Limites conceptuelles

Influence de la topographie locale le long du versant :

La méthode de la ligne d'énergie présente l'avantage d'être une méthode simple d'utilisation puisqu'en théorie, elle ne tient pas compte des caractéristiques du terrain (topographie locale, coefficients de restitution, etc.) entre les points de départ et d'arrivée. En cela, elle n'est pas un modèle de trajectographie.

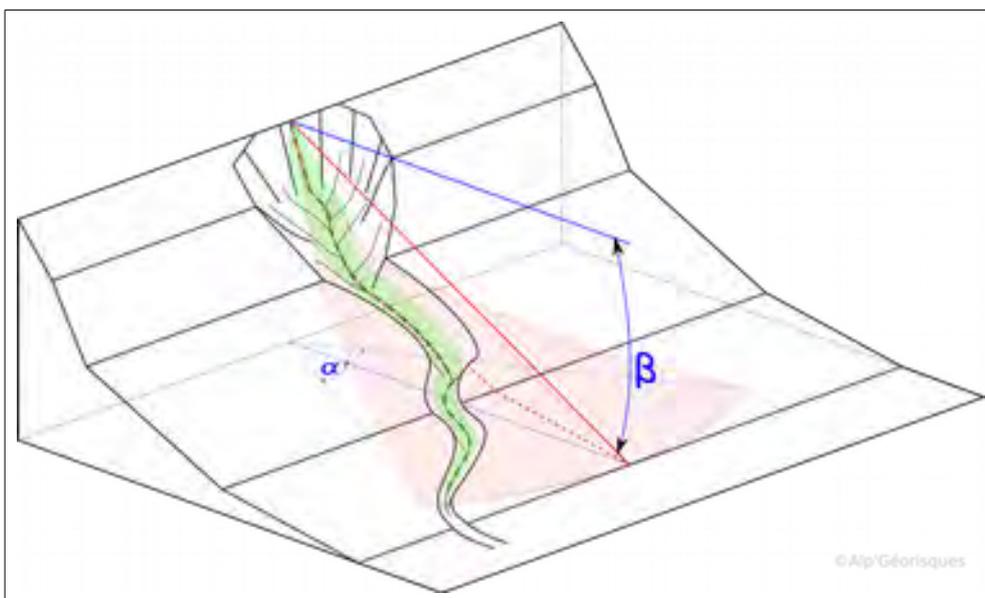
Cependant, en pratique, on remarque aisément que l'application de la méthode de la ligne d'énergie ne peut se passer d'une analyse de la topographie du versant. Les couples « plages d'angles/profils types de versant » proposés par le GT MEZAP illustrent parfaitement ce constat. Pour ces profils types, la méthode de la ligne d'énergie s'applique en adaptant les angles choisis selon la configuration du versant.

Or, pour certaines configurations de versant, lorsque la topographie locale influe directement sur l'atteinte maximale des blocs, la méthode de la ligne d'énergie n'est tout simplement plus applicable. C'est le cas pour l'exemple suivant, dans lequel un relief, suffisamment conséquent pour faire obstacle aux blocs, réduit considérablement le point d'arrêt maximal probable par rapport au point d'arrêt de la ligne d'énergie. Dans ce cas la méthode de la ligne d'énergie implique un zonage excessif du point d'arrêt maximal probable par rapport à la réalité.



Configuration topographique pour laquelle la méthode de la ligne d'énergie n'est pas applicable.

Ce cas peut être vu comme la vision en deux dimensions d'autres cas, en trois dimensions, pour lesquels l'application de la méthode de la ligne d'énergie pose problème. Ce sont les configurations de versants qui présentent une topographie chenalisée, influant sur les trajectoires et les points d'arrêt maximal probable, mais transparente au vu de la ligne d'énergie :



Application de la méthode de la ligne d'énergie à un versant chenalisé : le zonage des points d'arrêt maximal probable est excessif par rapport à la réalité (en vert la zone d'arrêt réelle des blocs, en rouge le zonage induit par la méthode de la ligne d'énergie).

Le cas du versant chenalisé peut être généralisé à tout versant présentant des variations locales de topographie suffisamment importantes pour dévier ou stopper les trajectoires des blocs de façon brutale, sans pour autant influencer sur la ligne d'énergie. Pour ces cas-là donc, la méthode de la ligne d'énergie telle qu'elle est définie par le principe de Heim n'est pas applicable. Autrement dit, cette méthode n'est applicable que lorsque le versant présente une topographie suffisamment régulière, comme les profils types proposés par le GT MEZAP.

Annexe 5 Carte des zones de départ potentielles de chutes de blocs

Cf. pages suivantes.

Zones de départ de chutes de pierres et de blocs Fond de référence orthophotographie / Lidar Feuille Nord

Zones de départ potentielles

- Intensité faible ($V < 0.25 \text{ m}^3$)
- Intensité modérée ($0.25 \text{ m}^3 < V < 1 \text{ m}^3$)
- Intensité élevée ($1 \text{ m}^3 < V < 10 \text{ m}^3$)
- Intensité très élevée ($10 \text{ m}^3 < V$)

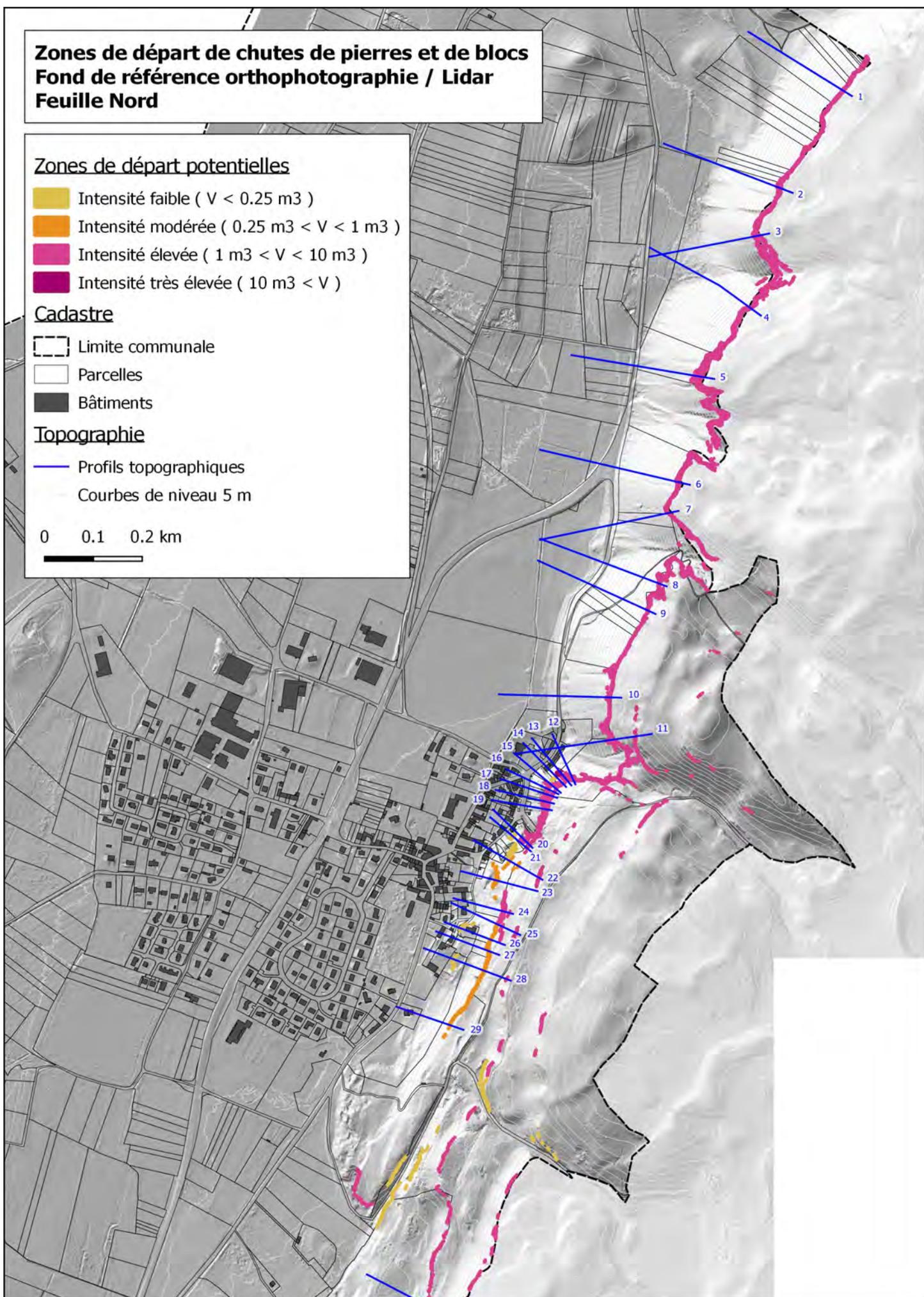
Cadastre

- Limite communale
- Parcelles
- Bâtiments

Topographie

- Profils topographiques
- Courbes de niveau 5 m

0 0.1 0.2 km



Zones de départ de chutes de pierres et de blocs
Fond de référence orthophotographie / Lidar
Feuille Sud

Zones de départ potentielles

-  Intensité faible ($V < 0.25 \text{ m}^3$)
-  Intensité modérée ($0.25 \text{ m}^3 < V < 1 \text{ m}^3$)
-  Intensité élevée ($1 \text{ m}^3 < V < 10 \text{ m}^3$)
-  Intensité très élevée ($10 \text{ m}^3 < V$)

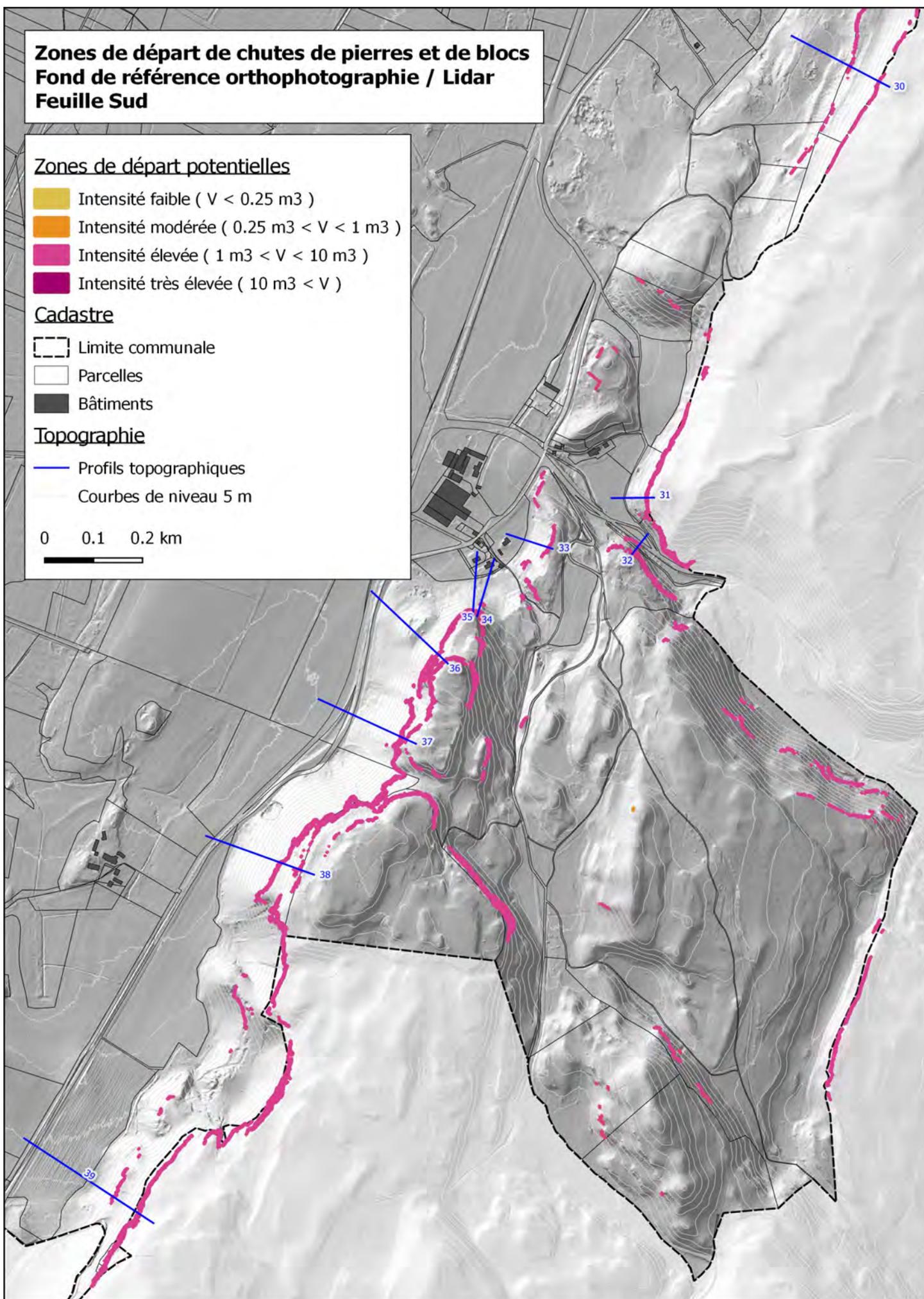
Cadastre

-  Limite communale
-  Parcelles
-  Bâtiments

Topographie

-  Profils topographiques
-  Courbes de niveau 5 m

0 0.1 0.2 km



Annexe 6 Méthodologie de qualification de la probabilité d'atteinte pour l'aléa de chute de blocs

La probabilité d'atteinte des chutes de blocs est évaluée à partir du principe de la ligne d'énergie, en exploitant les données d'élévation Lidar.

Remarque : dans la suite du texte, le terme d'angle fera systématiquement référence à un angle de ligne d'énergie.

Identification des secteurs homogènes

Afin d'identifier les secteurs homogènes du point de vue des propagations maximales probables, et donc des plages d'angles utilisées pour définir la probabilité d'atteinte, plusieurs profils topographiques sont tracés. Différents critères sont observés afin d'identifier des types de profils : l'importance de la zone de départ (hauteur de falaise), la forme générale du versant (dénivelée, longueur, ruptures de pentes principales), la régularité en termes de pente, l'aspect de la zone de propagation aval et d'arrêt des blocs, la présence de replats ou obstacles pouvant intercepter les blocs, etc.

Sur la commune de La Balme-les-Grottes, trois types de profils sont identifiés :

- Les profils dits « standards » (caractérisant la grande majorité des versants sur la commune) : ils présentent un escarpement de hauteur limitée (jusqu'à une quarantaine de mètres) et un versant globalement régulier (ruptures de pentes très faibles ou inexistantes, pas de replats marqués ou obstacles) avec une pente décroissant progressivement jusqu'à la zone de plaine. Le versant sur lequel s'est produit l'événement du 31 janvier 2017 correspond à ce type de profil.
- Les profils dits « falaise haute » : la zone de départ des chutes de blocs est un escarpement important (supérieur à une quarantaine de mètres). Le pied de falaise est généralement constitué d'éboulis vifs ou récents impliquant un profil de pente très régulier et une rupture de pente plus marquée avec la zone de plaine. Un secteur au nord du bourg est caractérisé par ce type de profils, au niveau de l'intersection de la RD65 et de la RD65i (secteur en violet sur la carte des pages suivantes).
- Les profils dits « anthropiques » : ils caractérisent le versant à l'amont de la rue des Grottes, ainsi que quelques sites ponctuels. Ils sont fortement anthropisés et présentent de nombreux replats et contre-pentes liés à d'anciennes exploitations de pierre et à l'implantation de bâtiments (secteurs en rouge sur les cartes des pages suivantes).

L'ensemble des profils est rassemblé en Annexe 7.

Détermination et cartographie des plages d'angles

Les plages d'angles sont déterminées à partir des valeurs usuelles de la littérature (cf. Annexe 4), et précisées ou recalées selon les observations de terrain (angles des blocs éboulés).

L'événement du 31 janvier 2017 (au niveau du profil n°10) permet de caler les plages d'angles associées aux profils « standards ». Les blocs ayant parcouru plusieurs dizaines de mètres sur une zone horizontale en fin de trajectoire, leur propagation est considérée comme représentative

du point d'arrêt maximal probable. L'angle mesuré sur le terrain pour les deux blocs principaux est de 31°. Cependant, on retiendra un angle de 30° pour le seuil de probabilité d'atteinte faible afin de prendre en compte une marge d'erreur liée à l'incertitude sur la mesure et à la légère variabilité des profils regroupés sous le type « standard ». Cette valeur est conforme aux valeurs usuelles pour ce type de profil. Les seuils des probabilités d'atteinte moyenne, forte et très forte sont choisis avec des valeurs d'angles relativement fortes et resserrées (écart de 2° entre chaque seuil).

Les profils « falaise haute » sont considérés comme un intermédiaire entre les profils « standards » et les profils « falaise et replat marqué » proposés par Mezap (caractérisés par des plages d'angles très fort et très resserrés, avec des valeurs proches de 40°). Afin de tenir compte de la variabilité des profils, des valeurs plus fortes que pour les profils « standards » sont retenues, mais avec le même écart de 2° entre chaque seuil.

Les profils « anthropiques » sont considérés comme un intermédiaire entre les « profils de pente irrégulière » et les profils « falaise et replat marqué » proposés par Mezap, présentant des plages d'angles fortes à très fortes. Ces valeurs fortes traduisent les propagations potentiellement très courtes liées à la présence de replats ou contre-pentes pouvant stopper rapidement les blocs. Cependant, les versants caractérisés par le type de profil « anthropiques » comme à l'amont de la rue des Grottes présentent une grande hétérogénéité, et il est difficile d'apprécier l'enveloppe exacte des propagations par l'approche stricte de la ligne d'énergie. Bien que de nombreux profils aient été tracés sur le secteur, il est difficile d'envisager toutes les trajectoires probables sans passer par une étude plus poussée (trajectographie 3D sur l'ensemble du versant). De ce fait, des plages d'angles plus fortes que pour les profils « standards » ont été retenues, mais plus faibles que celle proposées par Mezap, afin de prendre en compte une marge d'erreur liée à l'hétérogénéité des versants.

Les valeurs seuils retenues pour définir les niveaux de probabilité d'atteinte selon les types de profils sont synthétisées et illustrées dans le tableau et la figure suivants :

Probabilité d'atteinte	Seuil	Valeurs		
		Profils « standards »	Profils « falaises hautes »	Profils « anthropisés »
Faible	β_1	30°	34°	34°
Moyenne	β_2	32°	36°	36°
Forte	β_3	34°	38°	38°
Très forte	β_4	36°	40°	40°

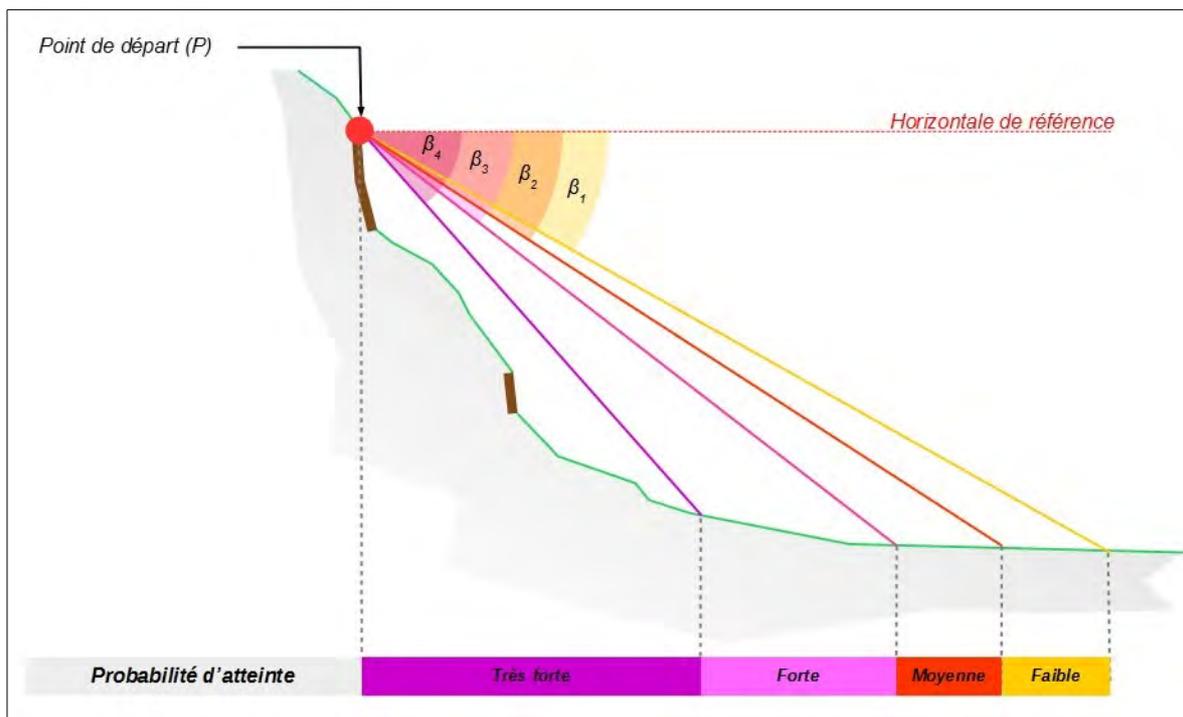


Illustration des valeurs seuil d'angle de ligne d'énergie pour la qualification de la probabilité d'atteinte.

Les enveloppes cartographiques des angles sont calculées grâce à l'outil RollFree avec les données d'élévation Lidar. Le calcul est effectué uniquement à partir des points de départ les plus hauts de chaque zone de départ afin d'alléger le calcul.

Les enveloppes brutes des plages d'angles calculées avec RollFree sont présentées sur les cartes des pages suivantes.

La probabilité d'atteinte pour chaque secteur est déterminée en appliquant les plages d'angles des types de profils correspondants.

**Enveloppes des angles de ligne d'énergie
calculés avec RollFree
Fond de référence Lidar
Feuille Nord**

Plages d'angles de lignes d'énergie

-  30 - 32
-  32 - 34
-  34 - 36
-  36 - 38
-  38 - 40
-  40 et plus

Types de profils

Par défaut: profils "standards", sinon:

-  Profils "falaise haute"
-  Profils "anthropiques"

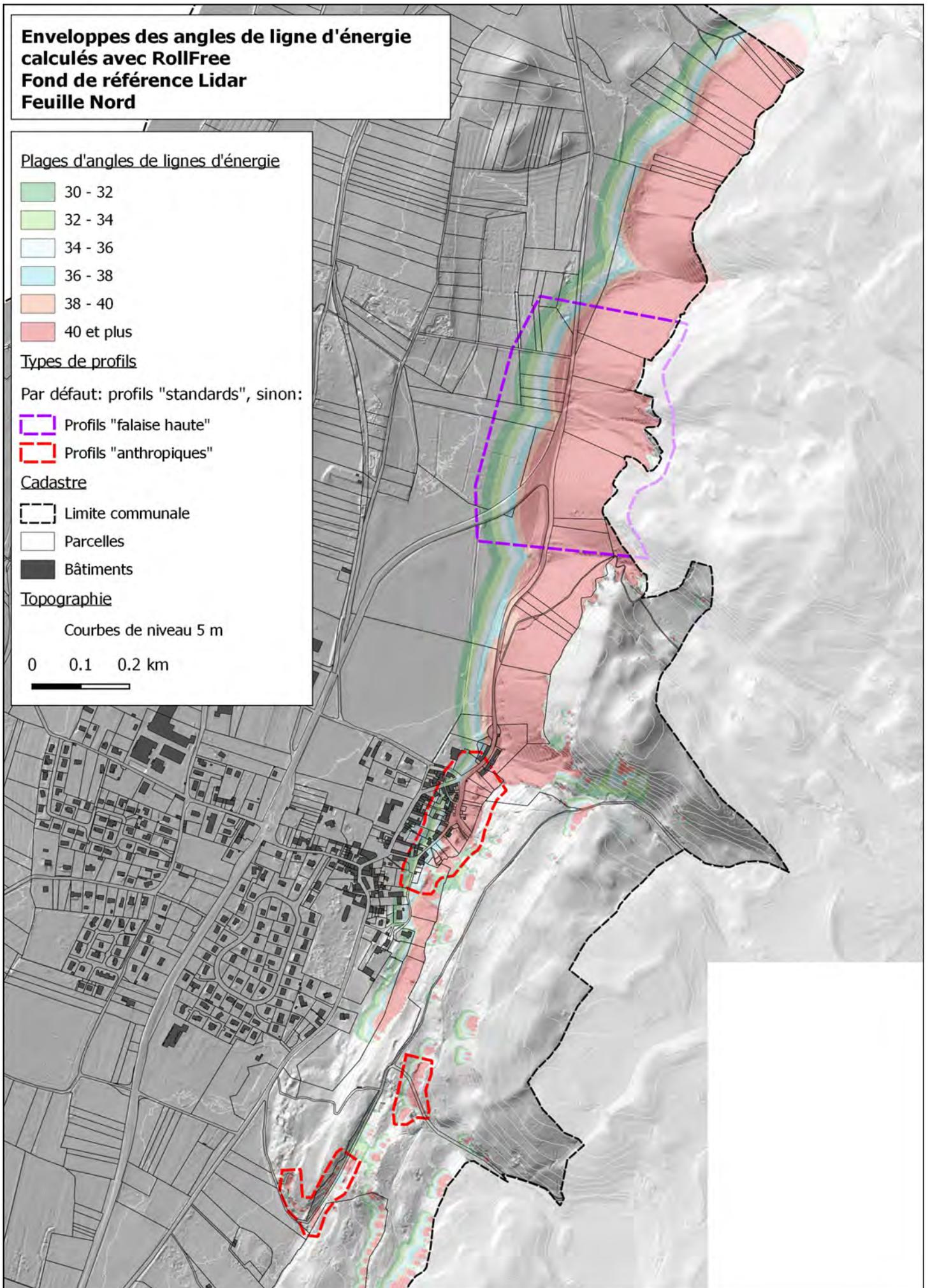
Cadastre

-  Limite communale
-  Parcelles
-  Bâtiments

Topographie

Courbes de niveau 5 m

0 0.1 0.2 km



**Enveloppes des angles de ligne d'énergie
calculés avec RollFree
Fond de référence Lidar
Feuille Sud**

Plages d'angles de lignes d'énergie

- 30 - 32
- 32 - 34
- 34 - 36
- 36 - 38
- 38 - 40
- 40 et plus

Types de profils

Par défaut: profils "standards", sinon:

- Profils "falaise haute"
- Profils "anthropiques"

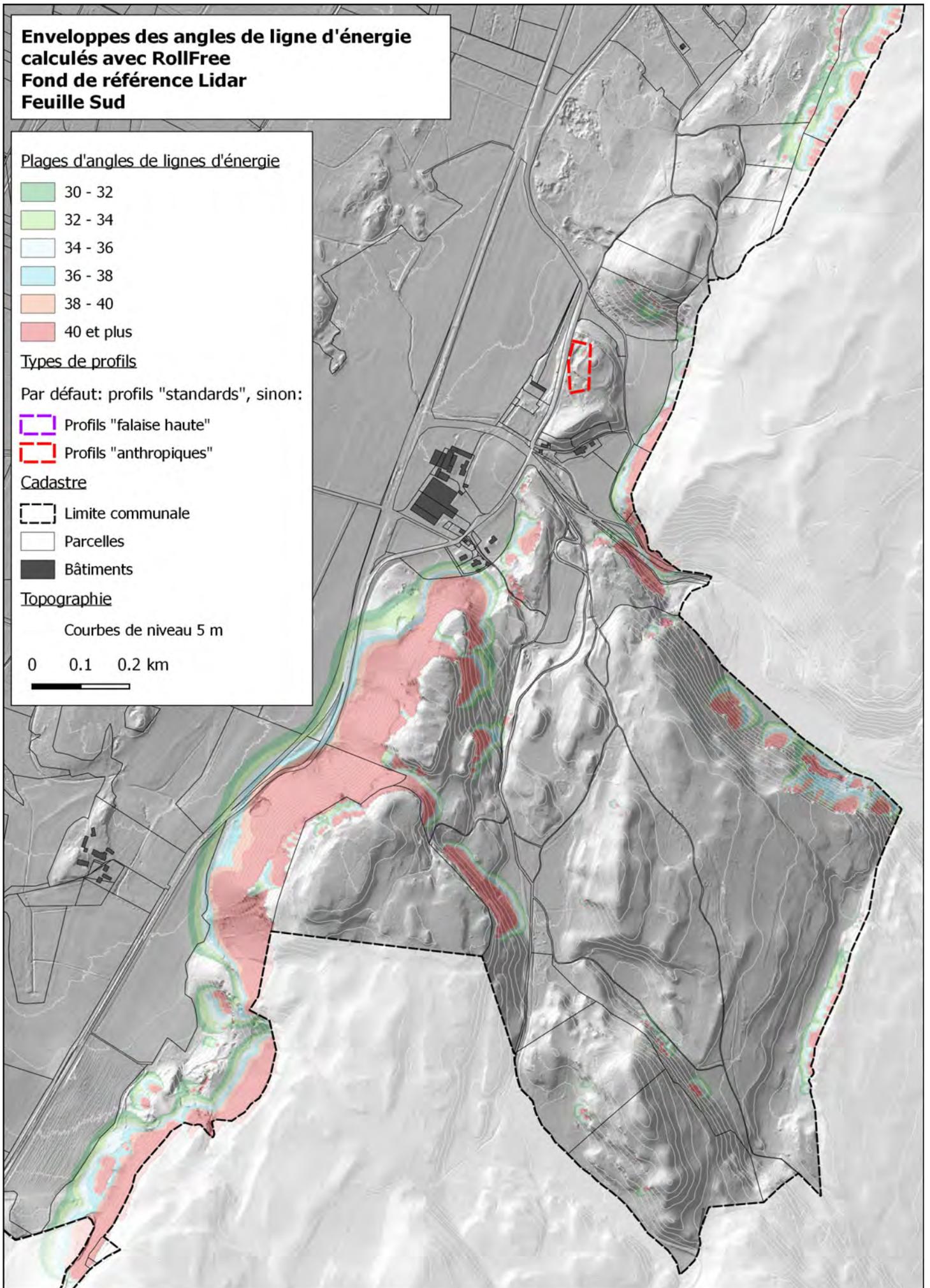
Cadastre

- Limite communale
- Parcelles
- Bâtiments

Topographie

Courbes de niveau 5 m

0 0.1 0.2 km

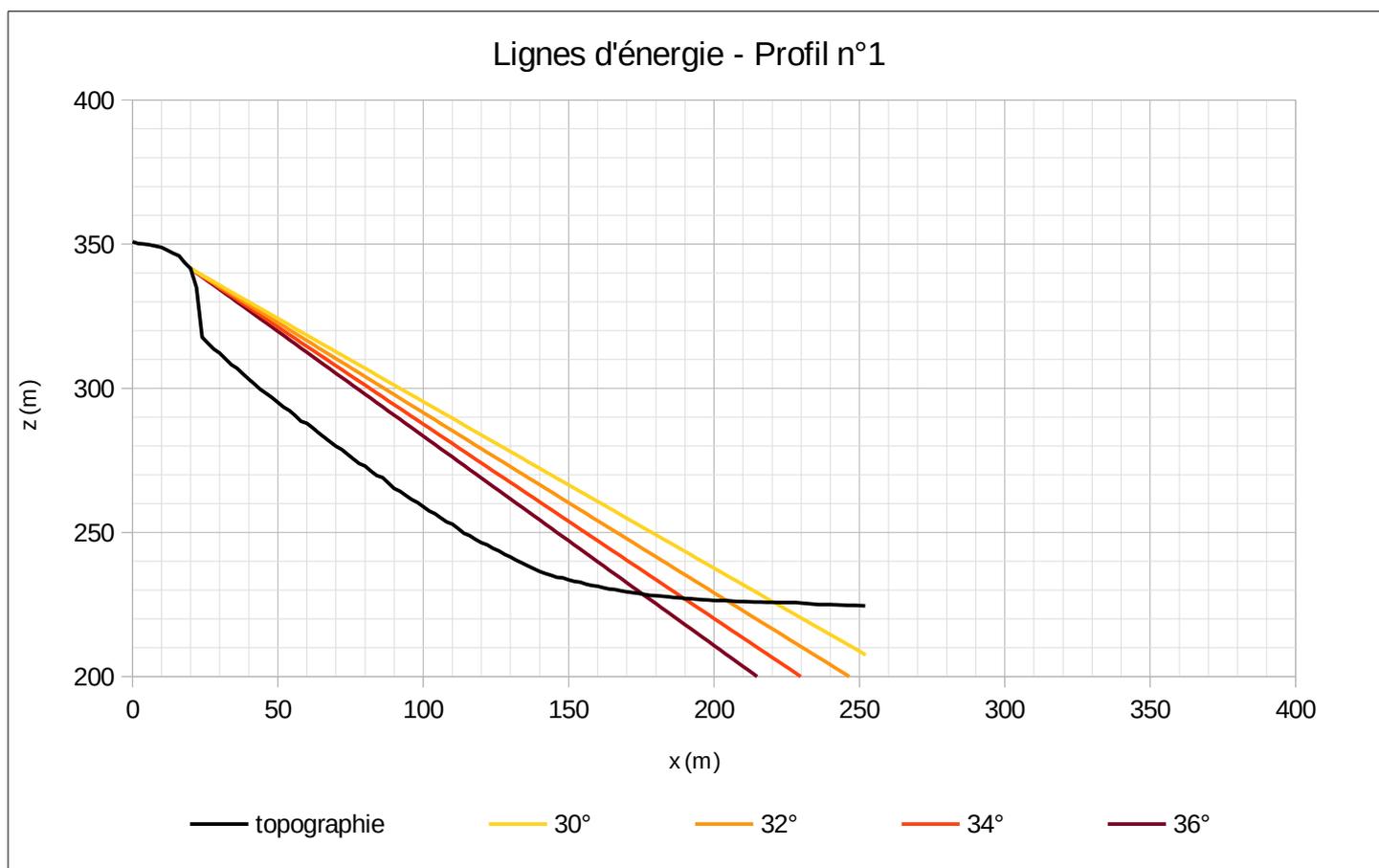


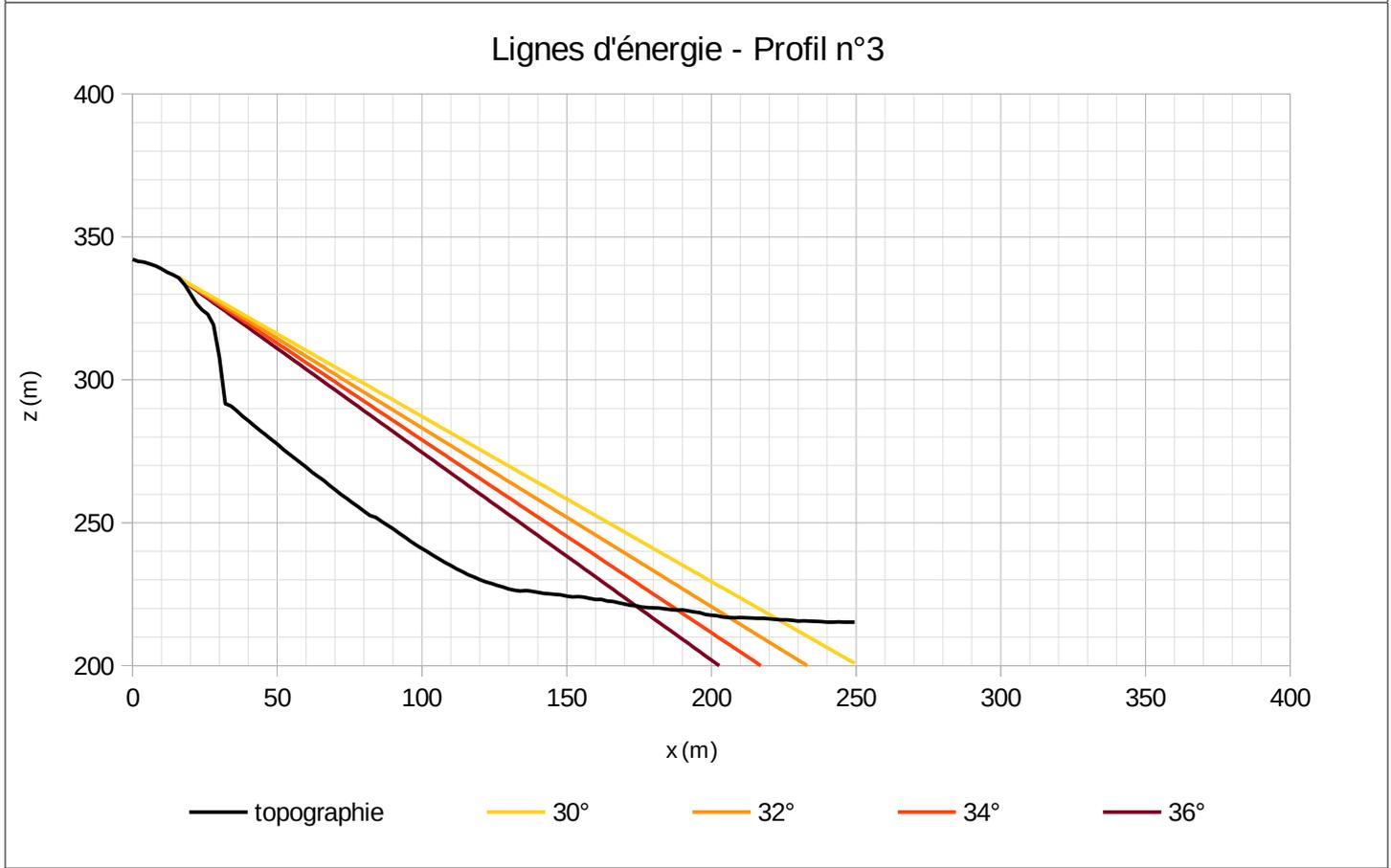
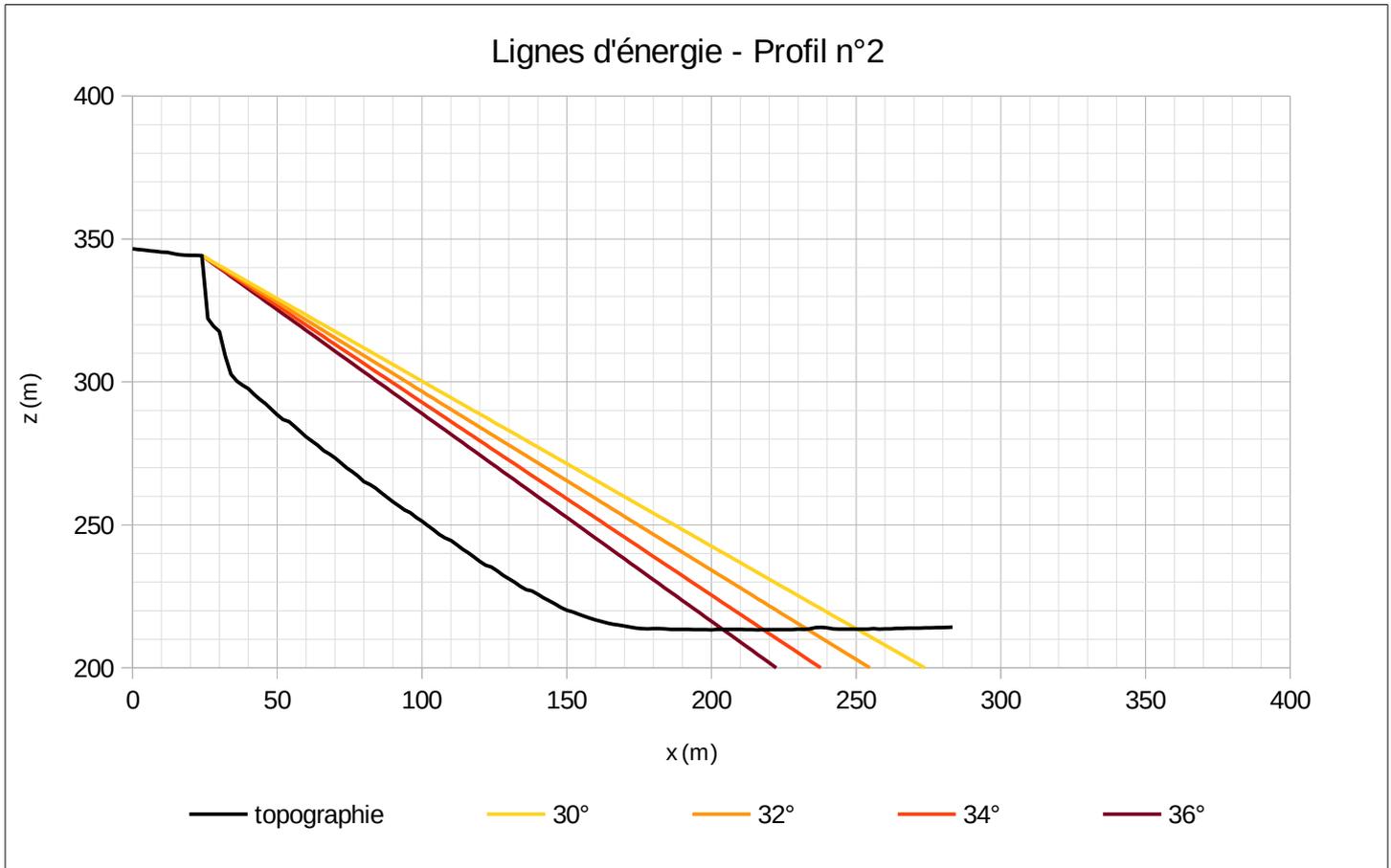
Annexe 7 Profils topographiques des versants exposés aux chutes de blocs et angles de lignes d'énergie associés

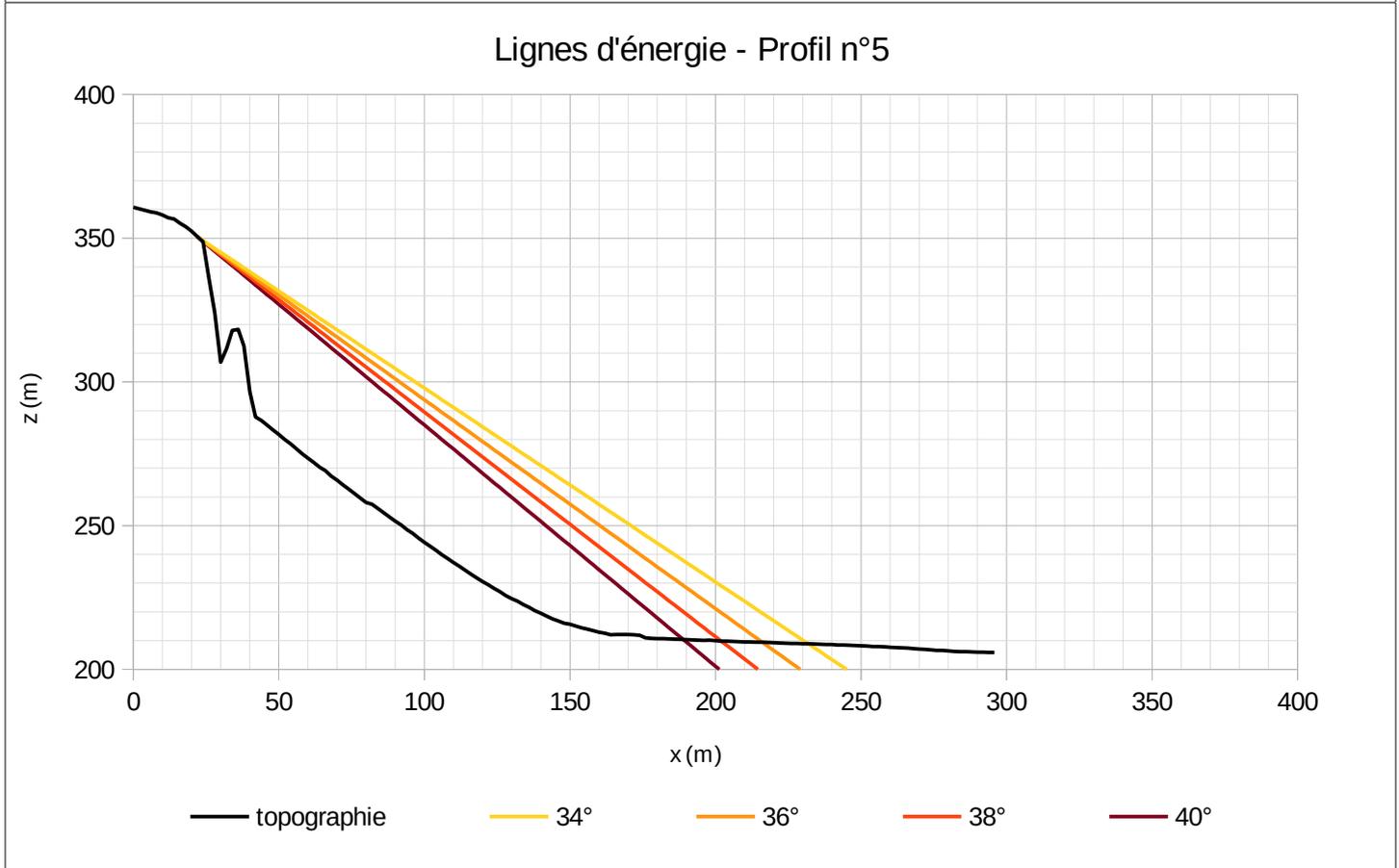
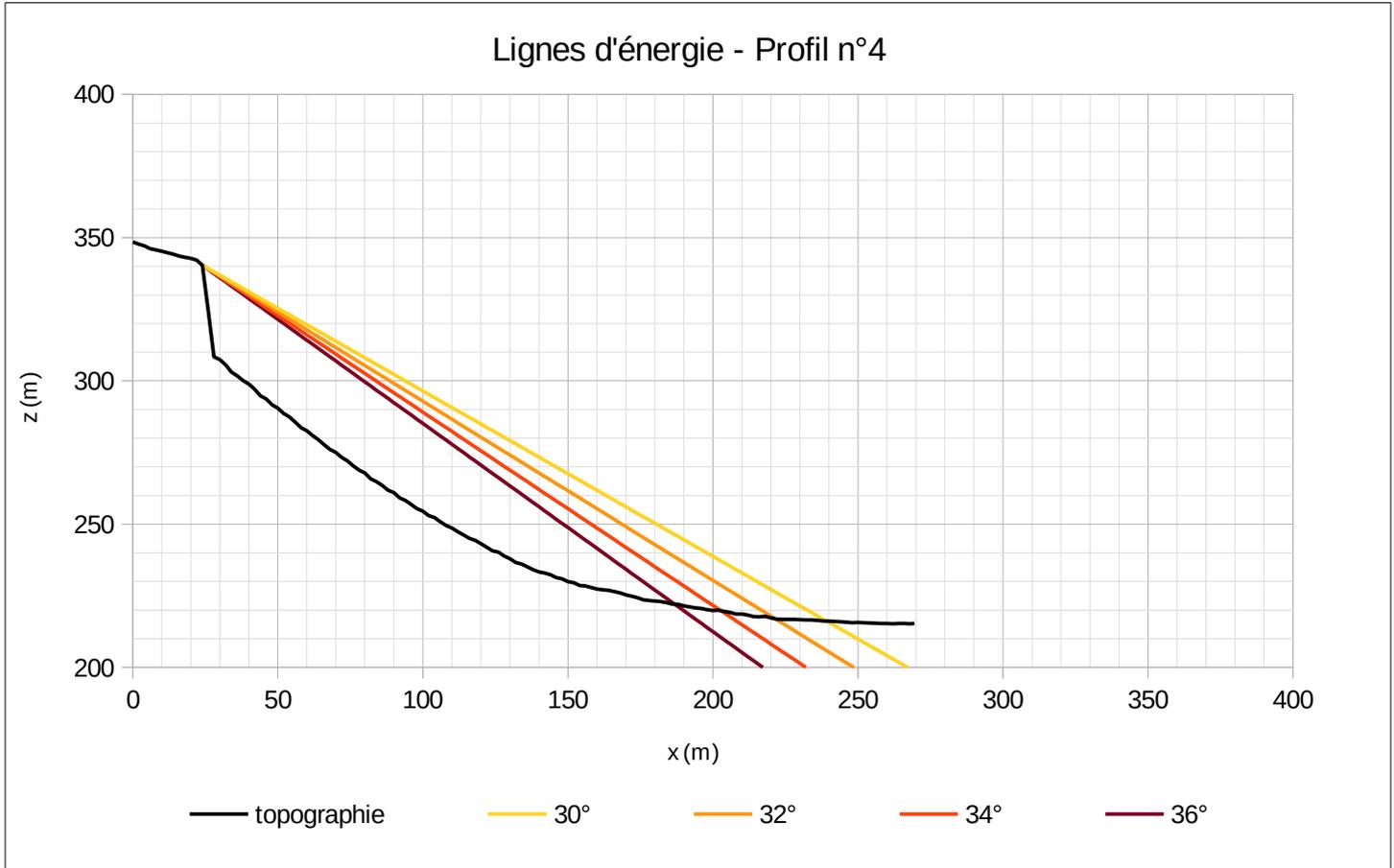
Profils « standards » : n°1 ; 2 ; 3 ; 4 ; 8 ; 9 ; 10 ; 11 ; 12 ; 24 ; 25 ; 26 ; 27 ; 28 ; 29 ; 30 ; 31 ; 32 ; 33 ; 34 ; 35 ; 36 ; 37 ; 38 ; 39.

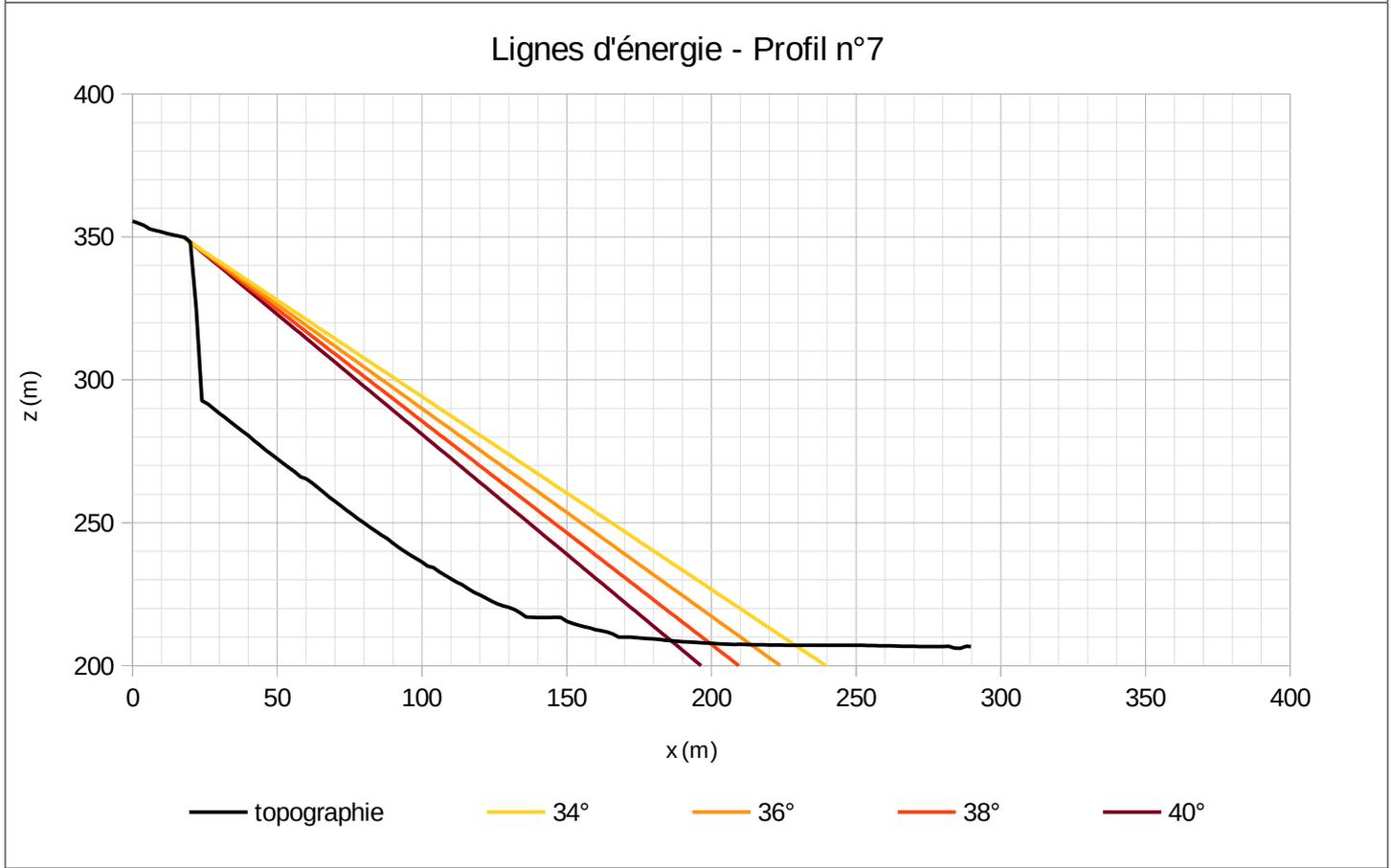
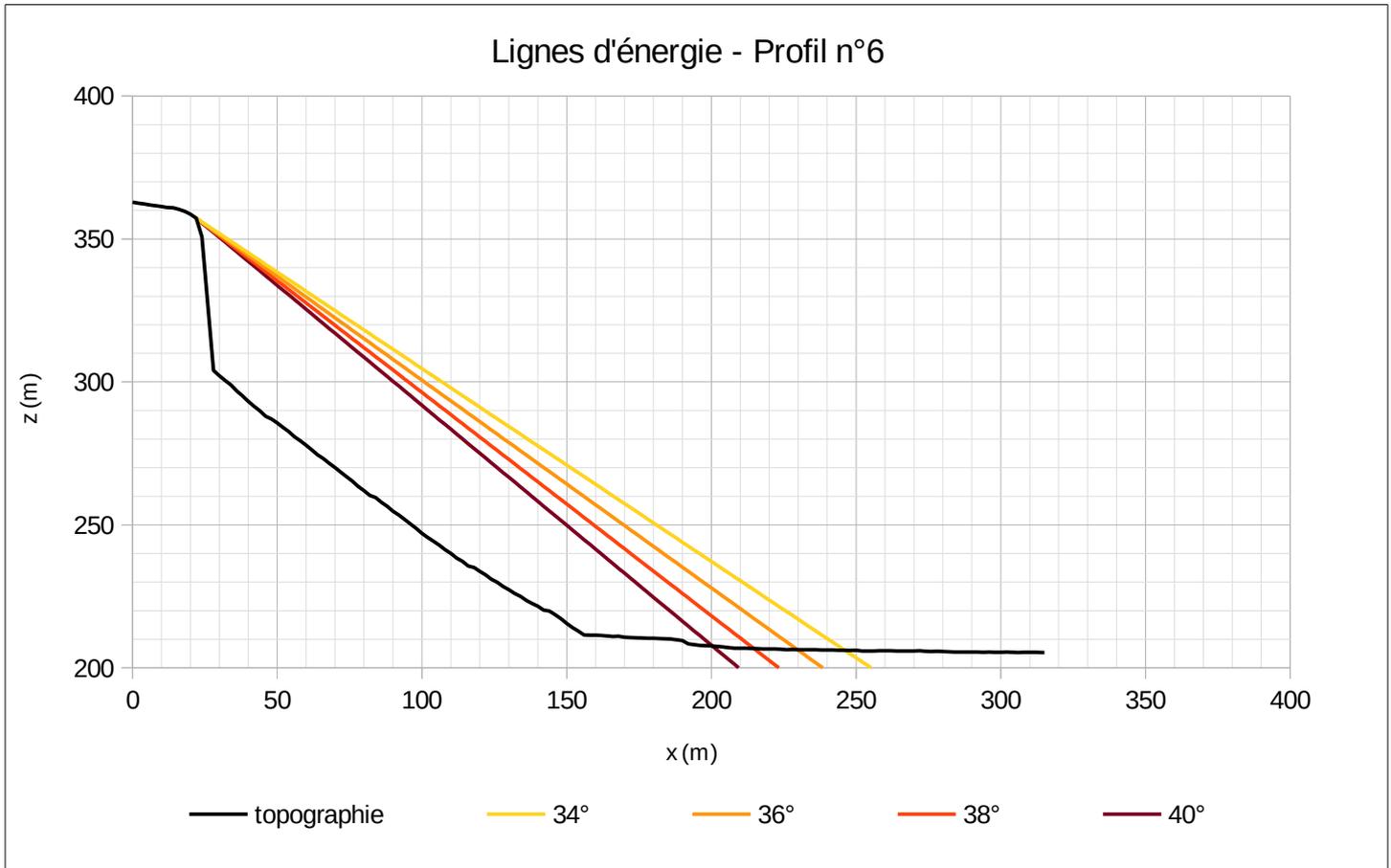
Profils « falaise haute » : n°5 ; 6 ; 7.

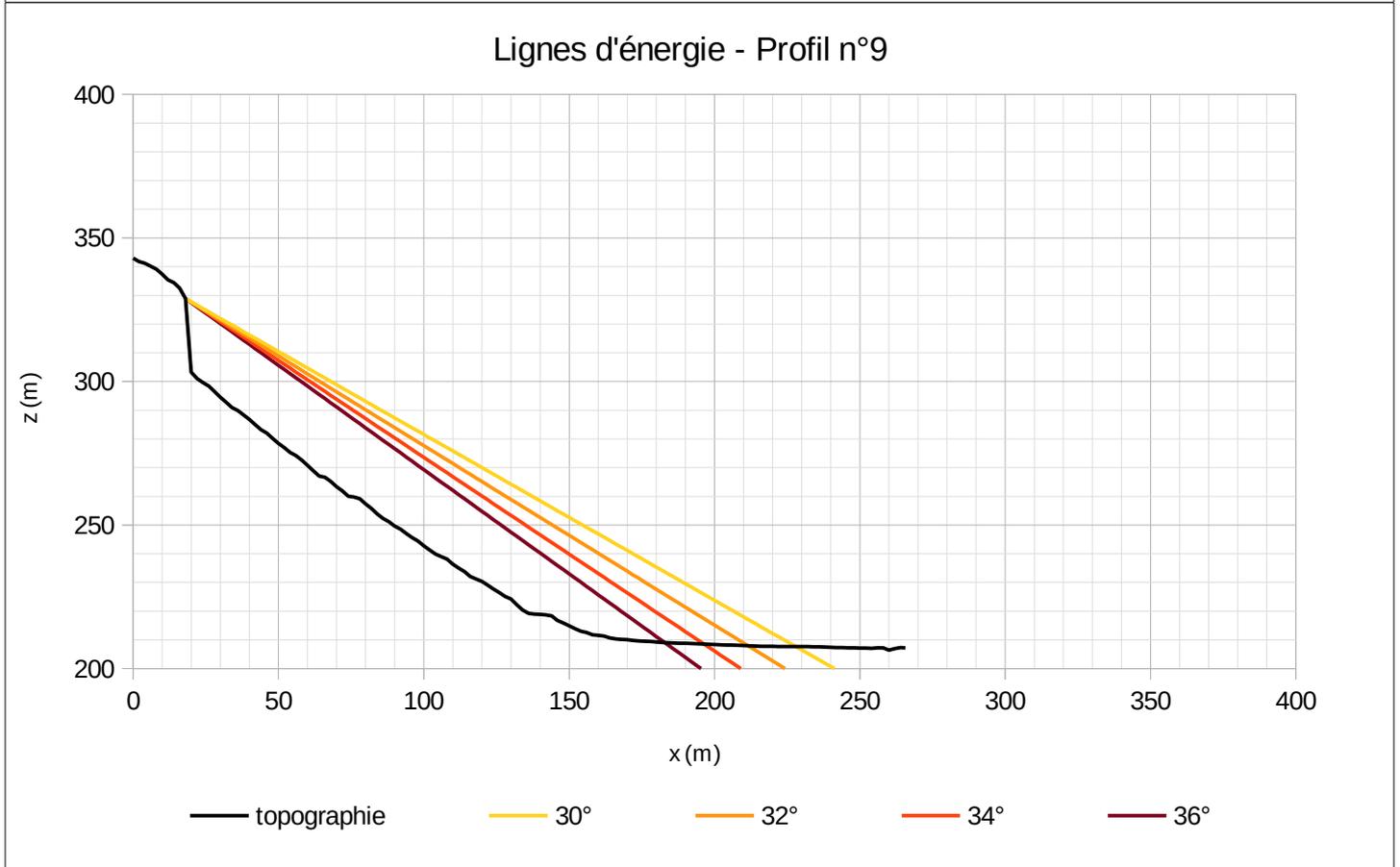
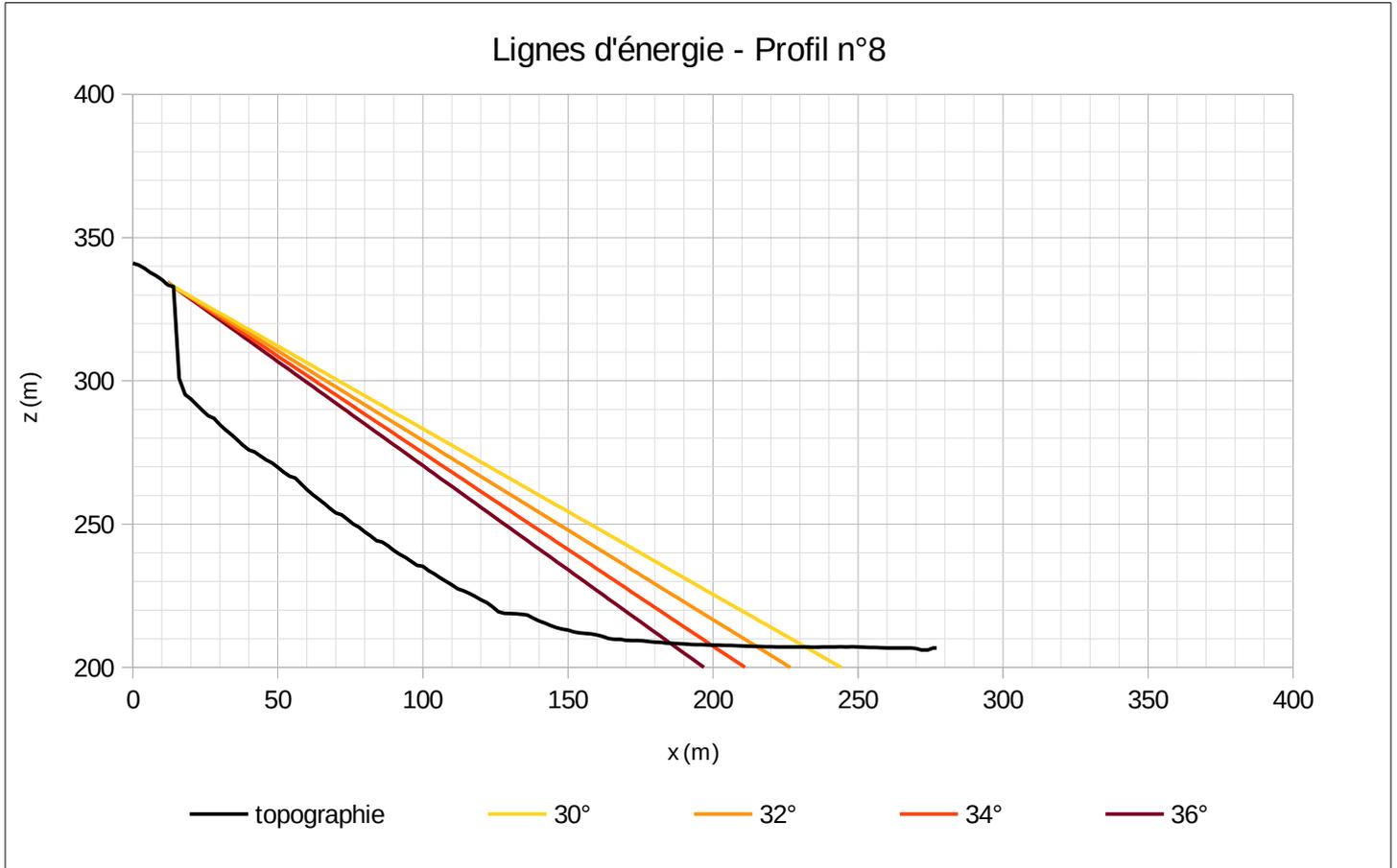
Profils « anthropiques » : n°13 ; 14 ; 15 ; 16 ; 17 ; 18 ; 19 ; 20 ; 21 ; 22 ; 23.

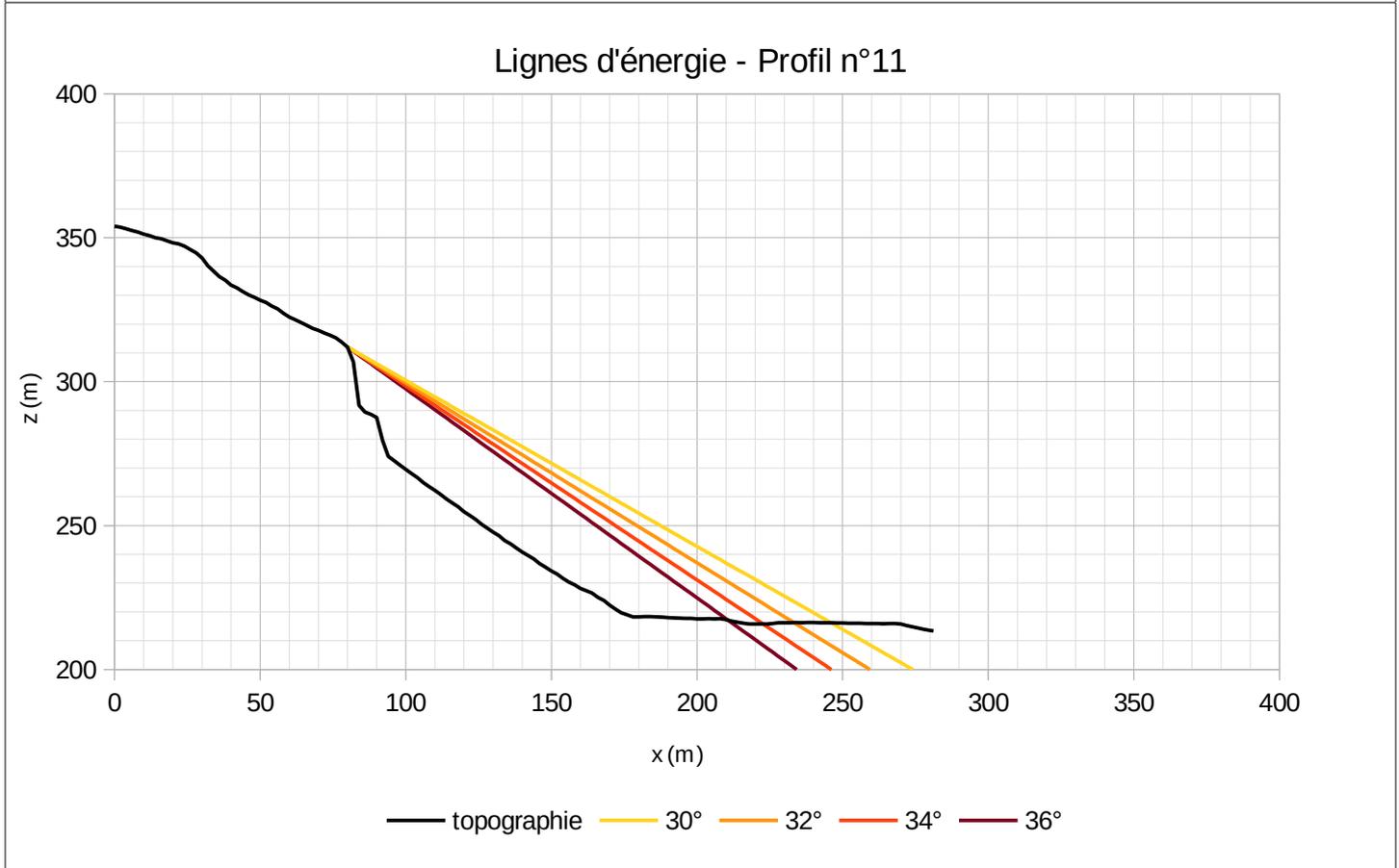
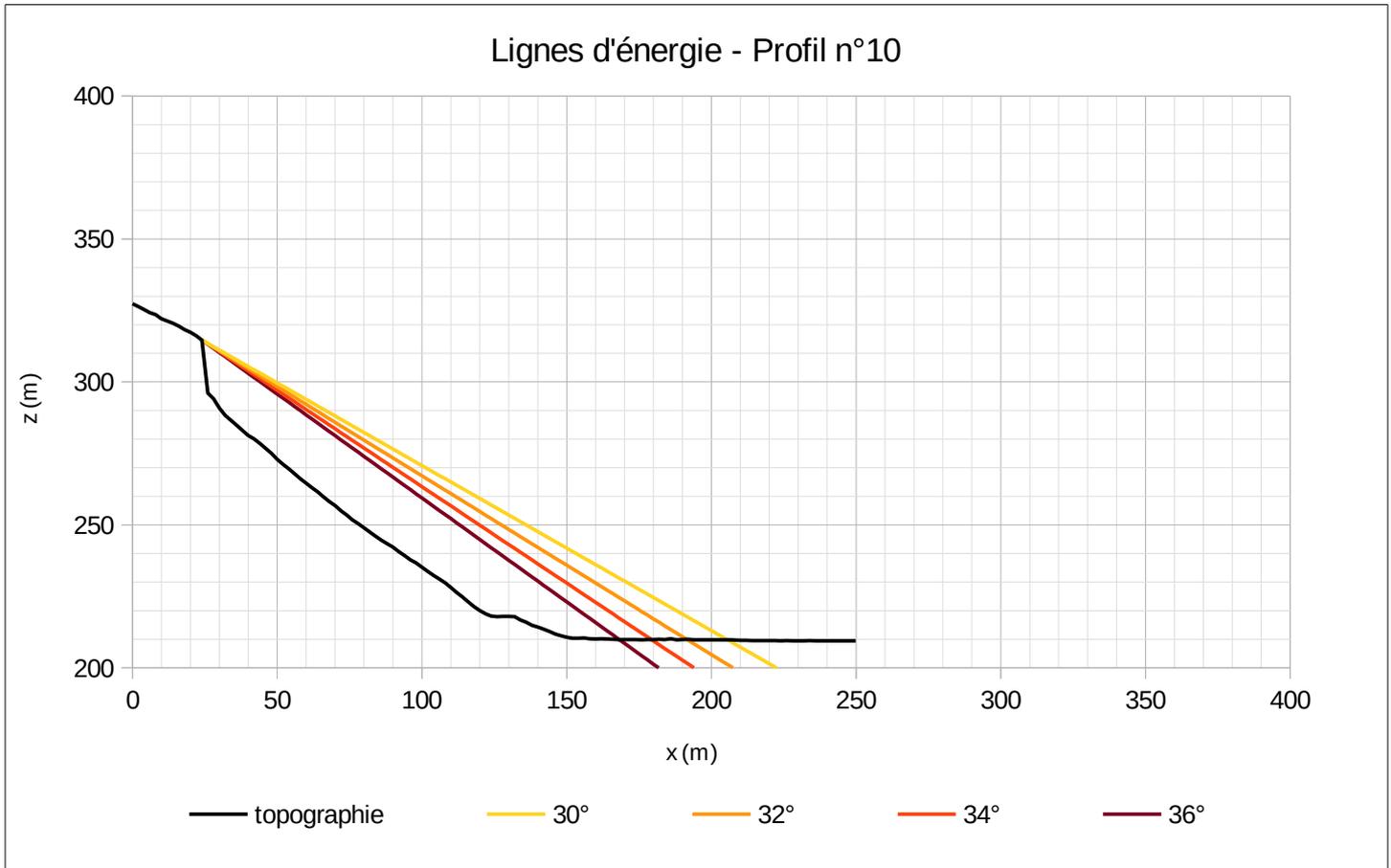


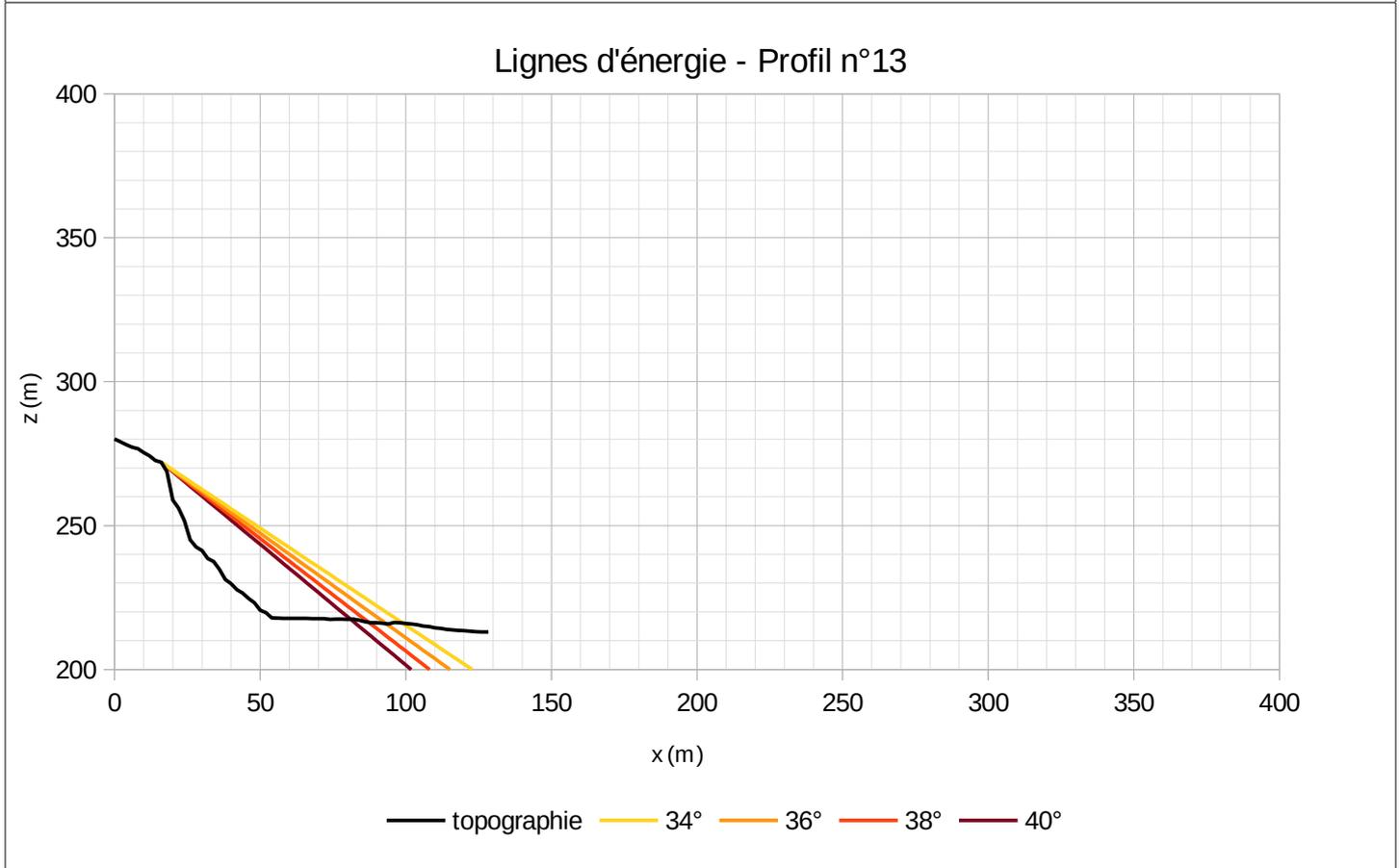
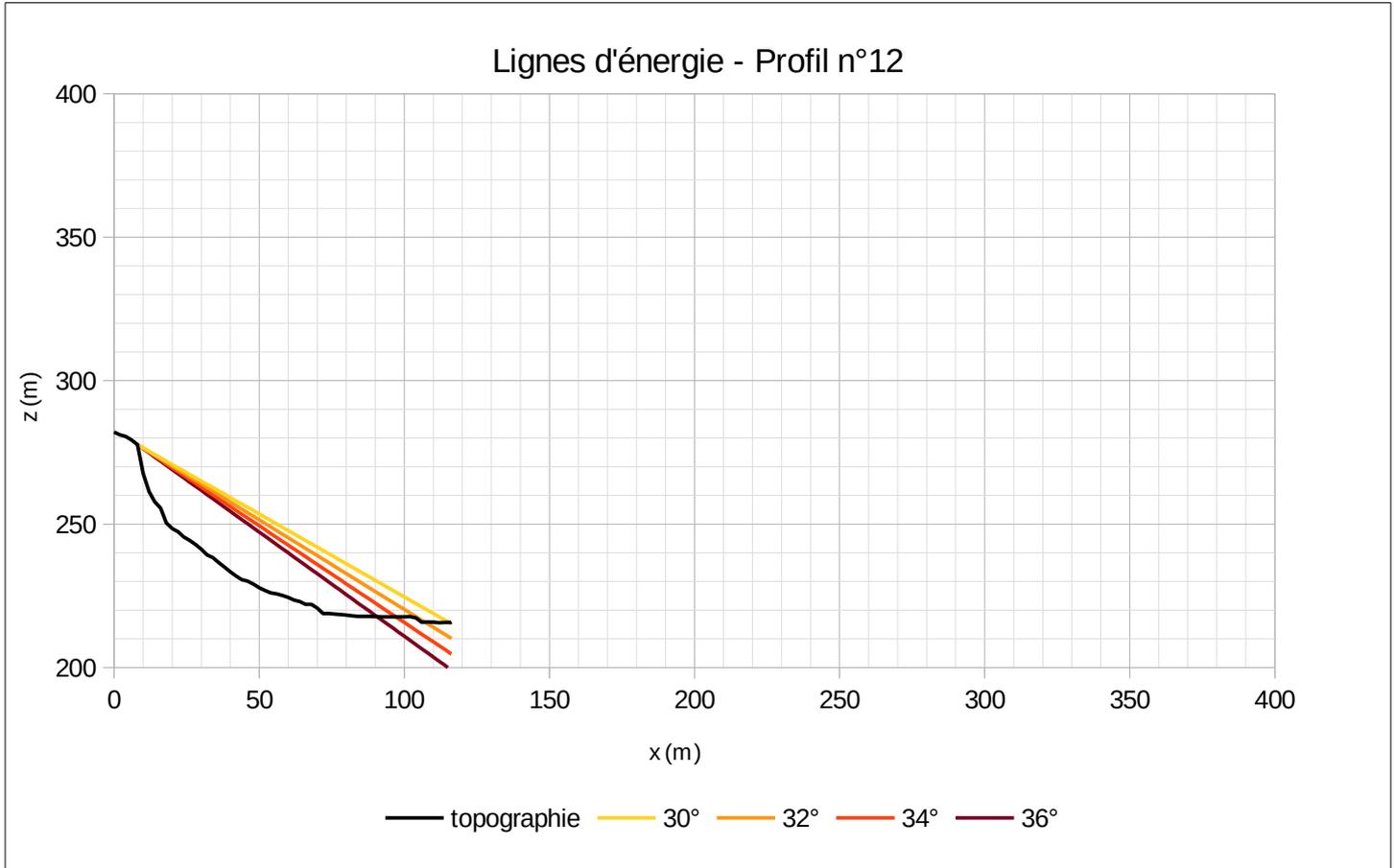


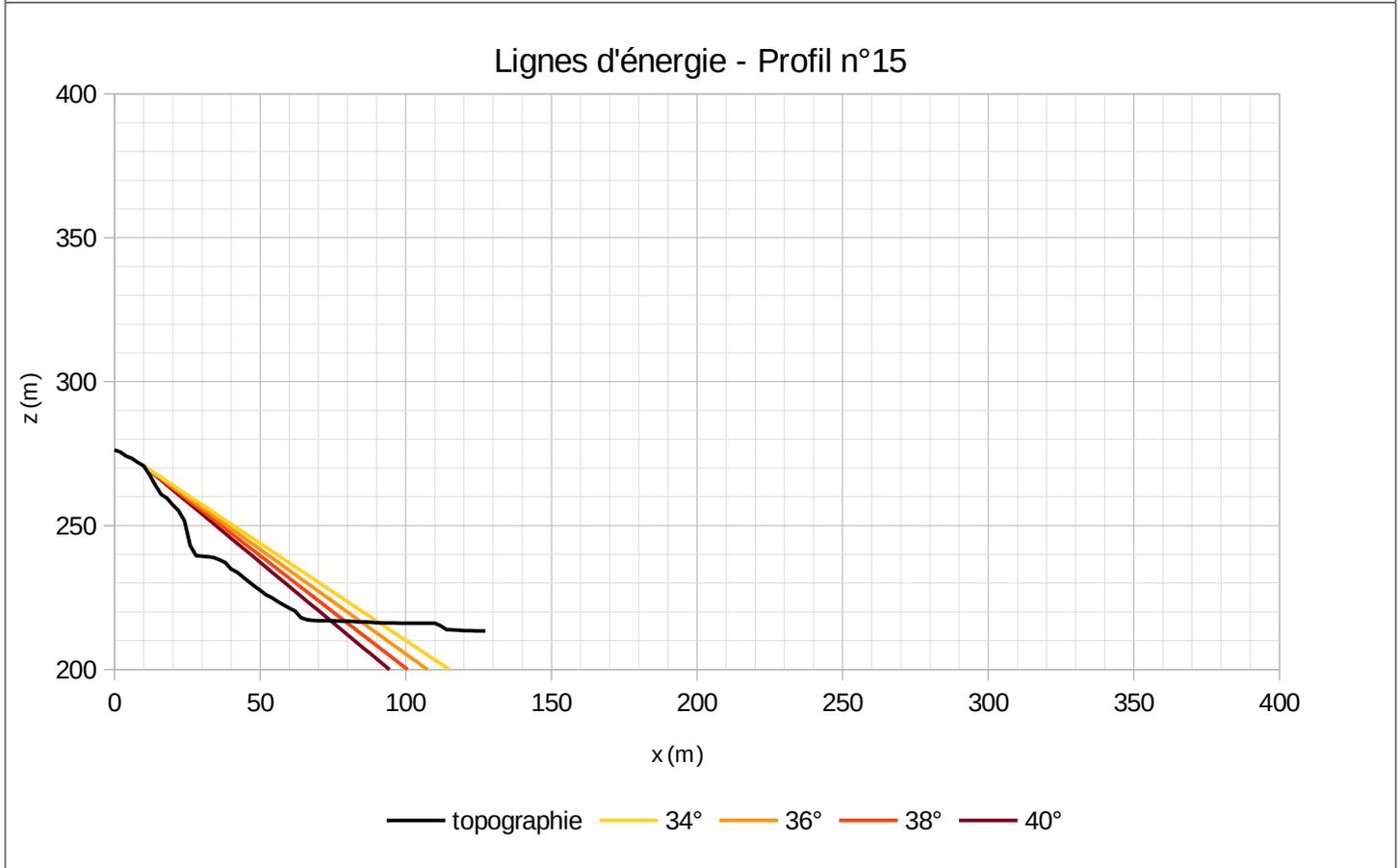
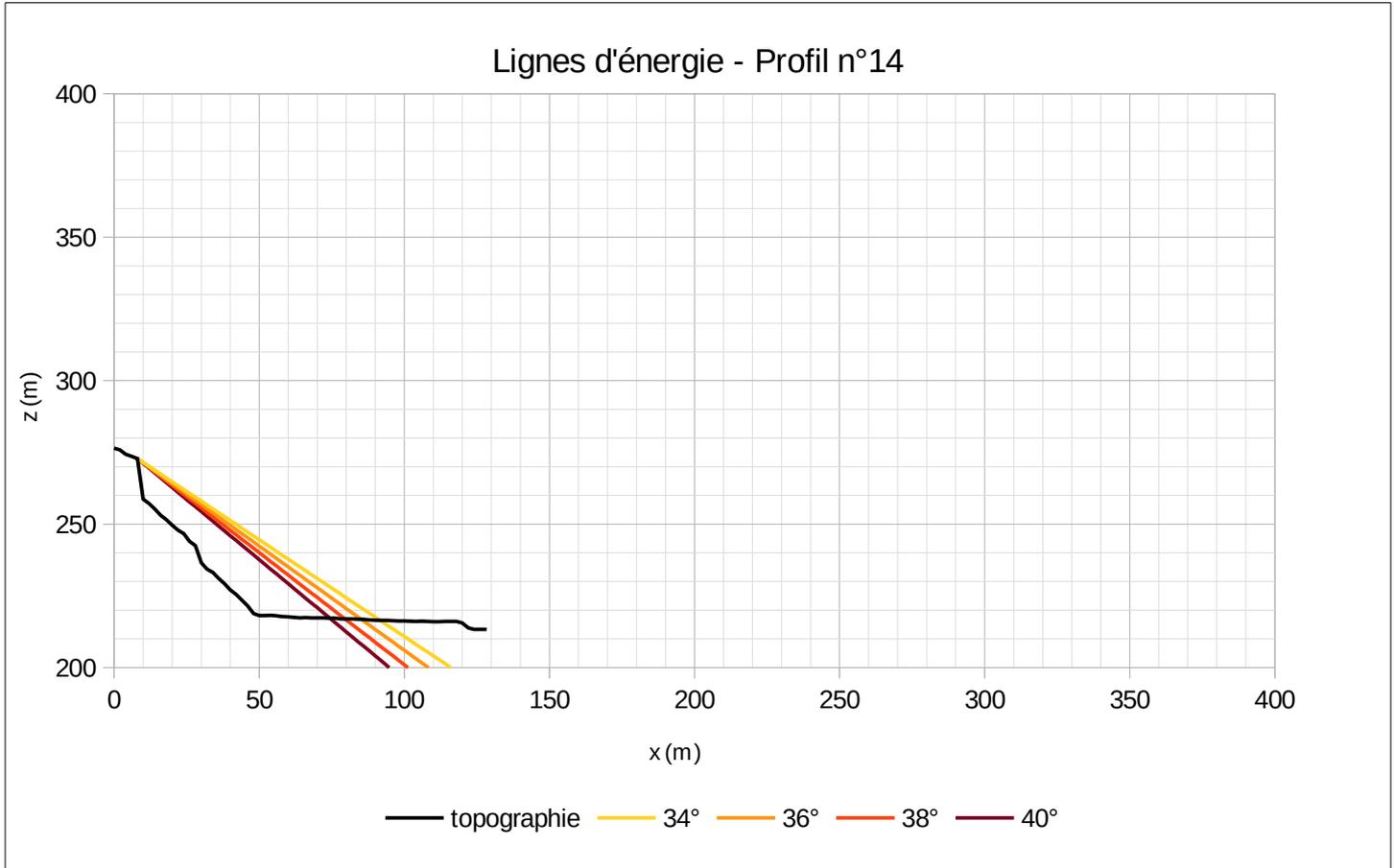


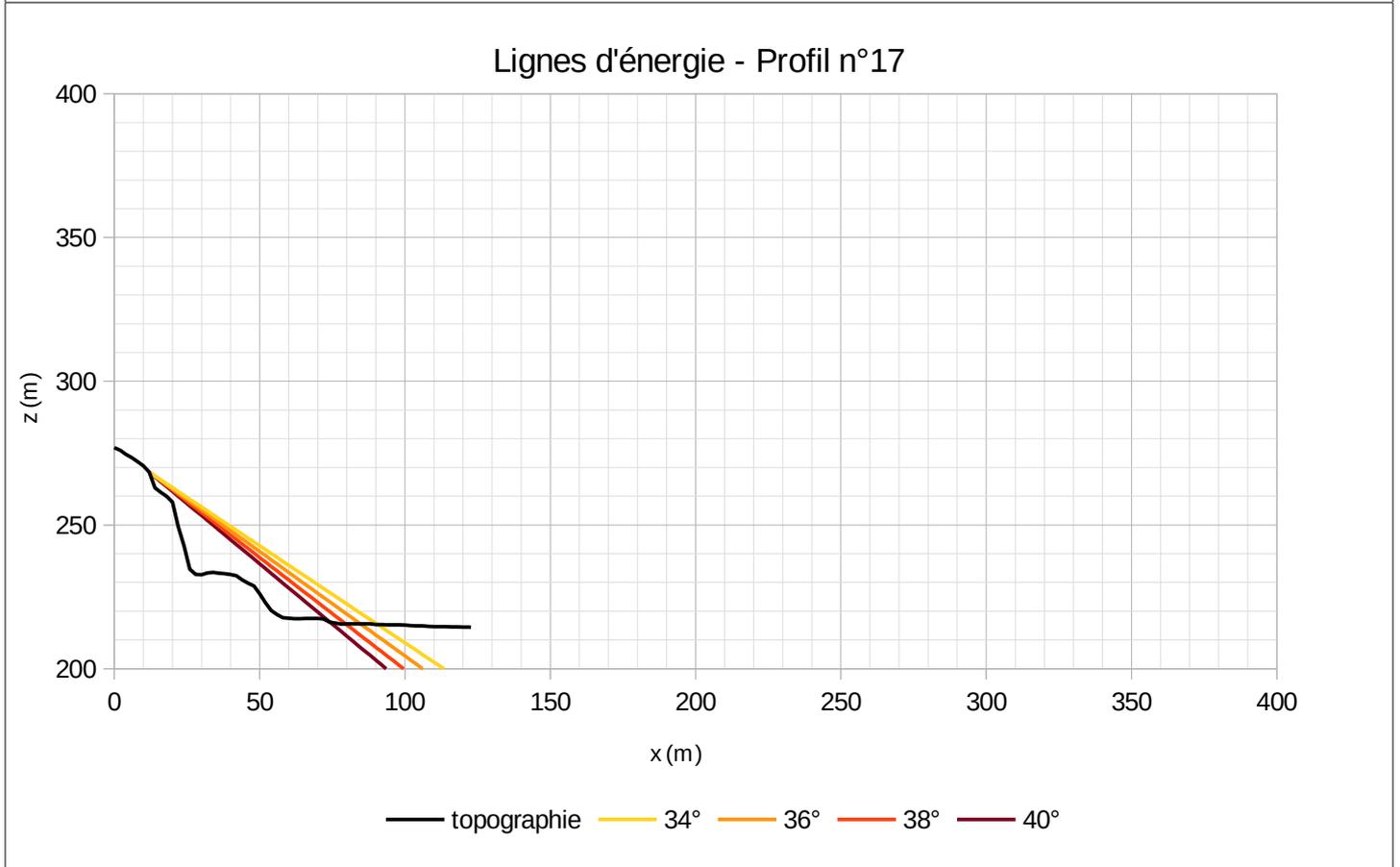
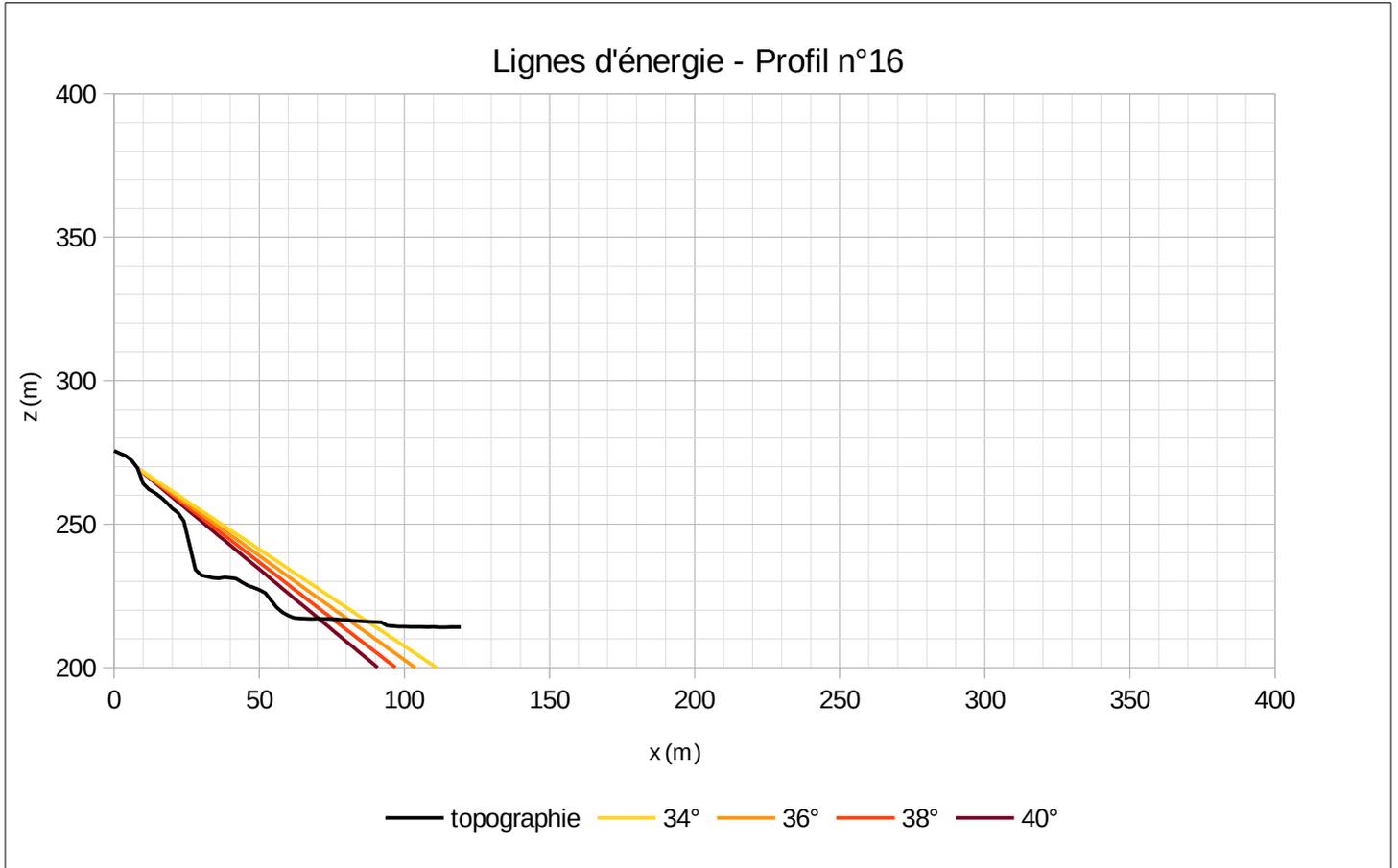


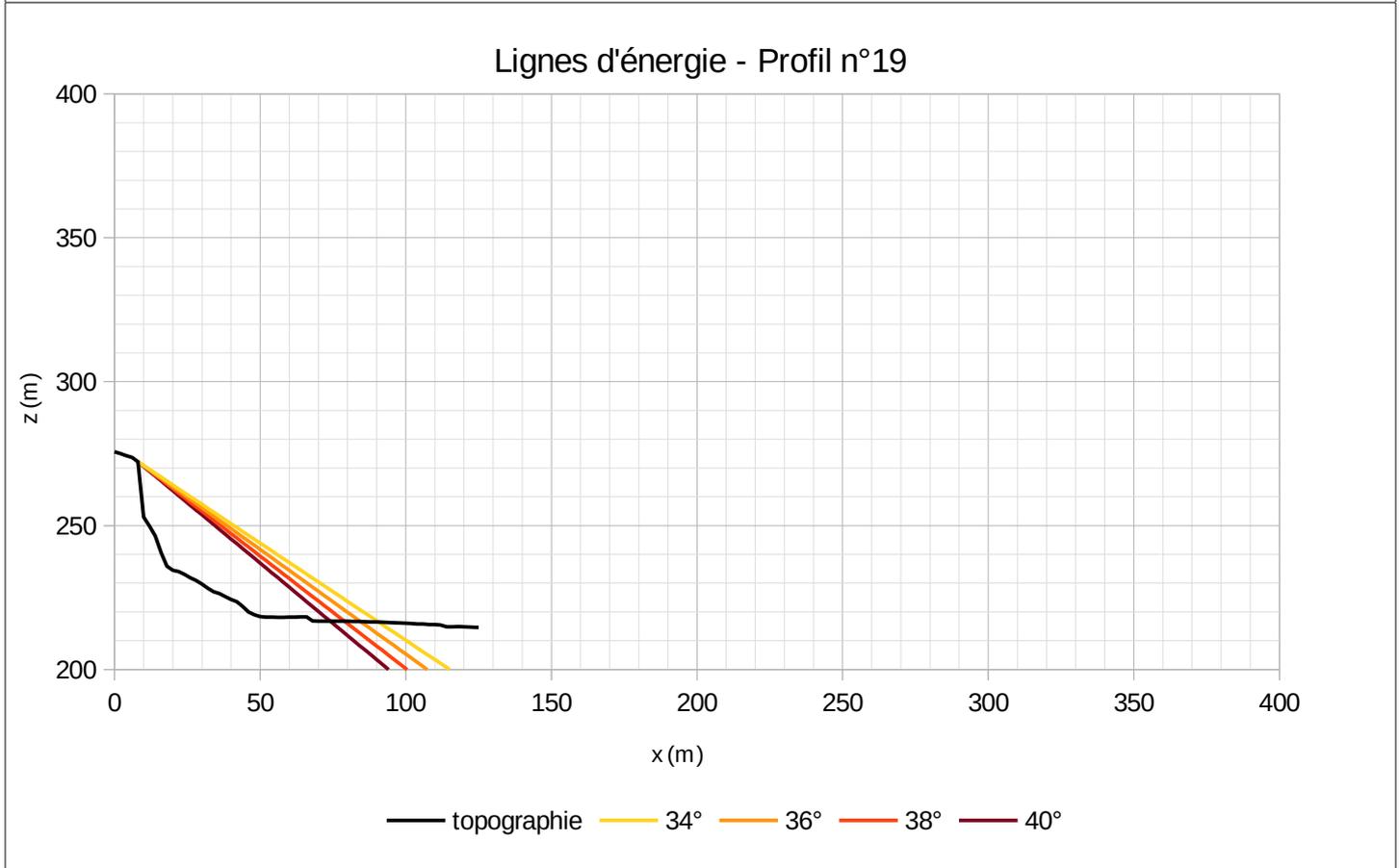
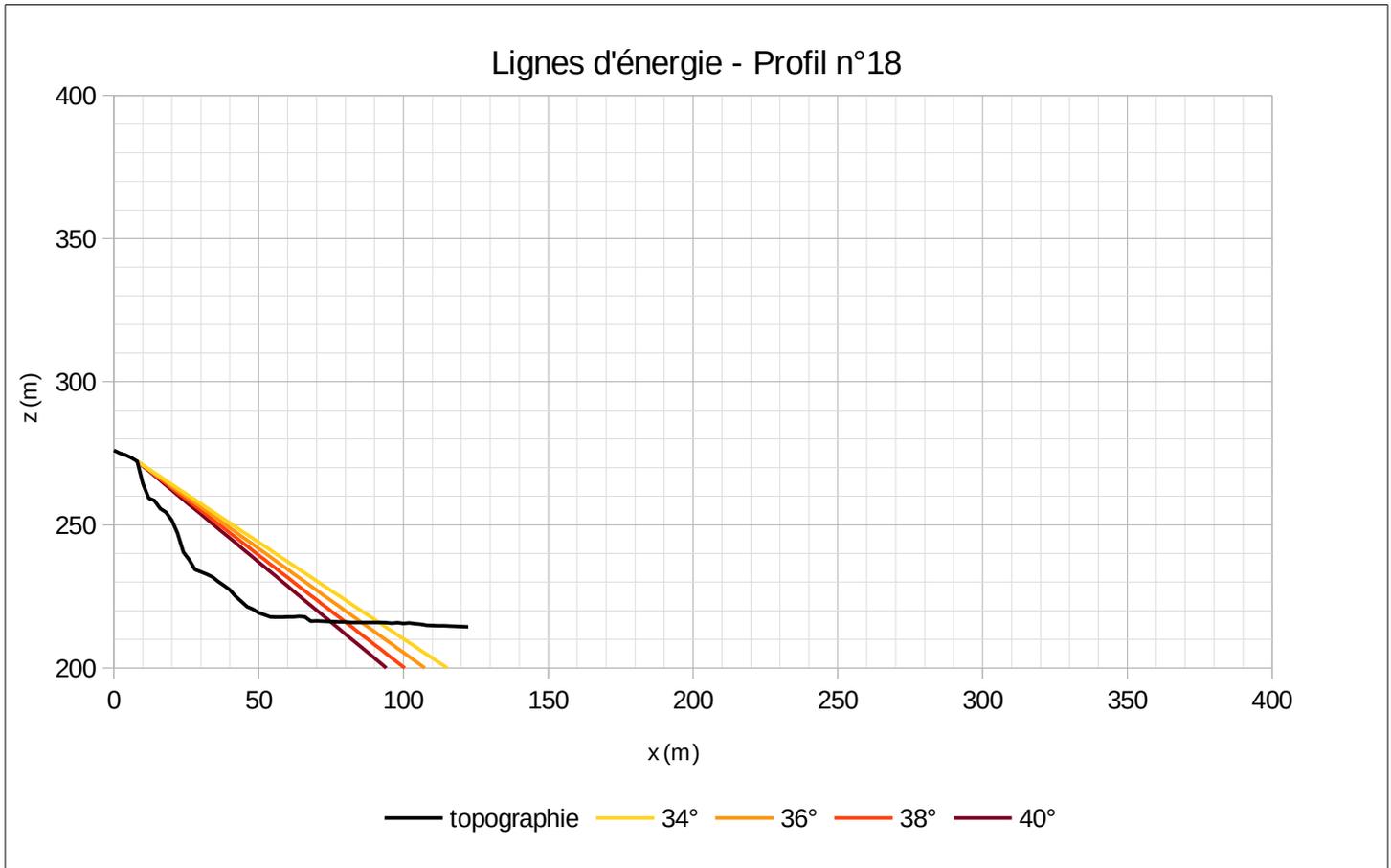


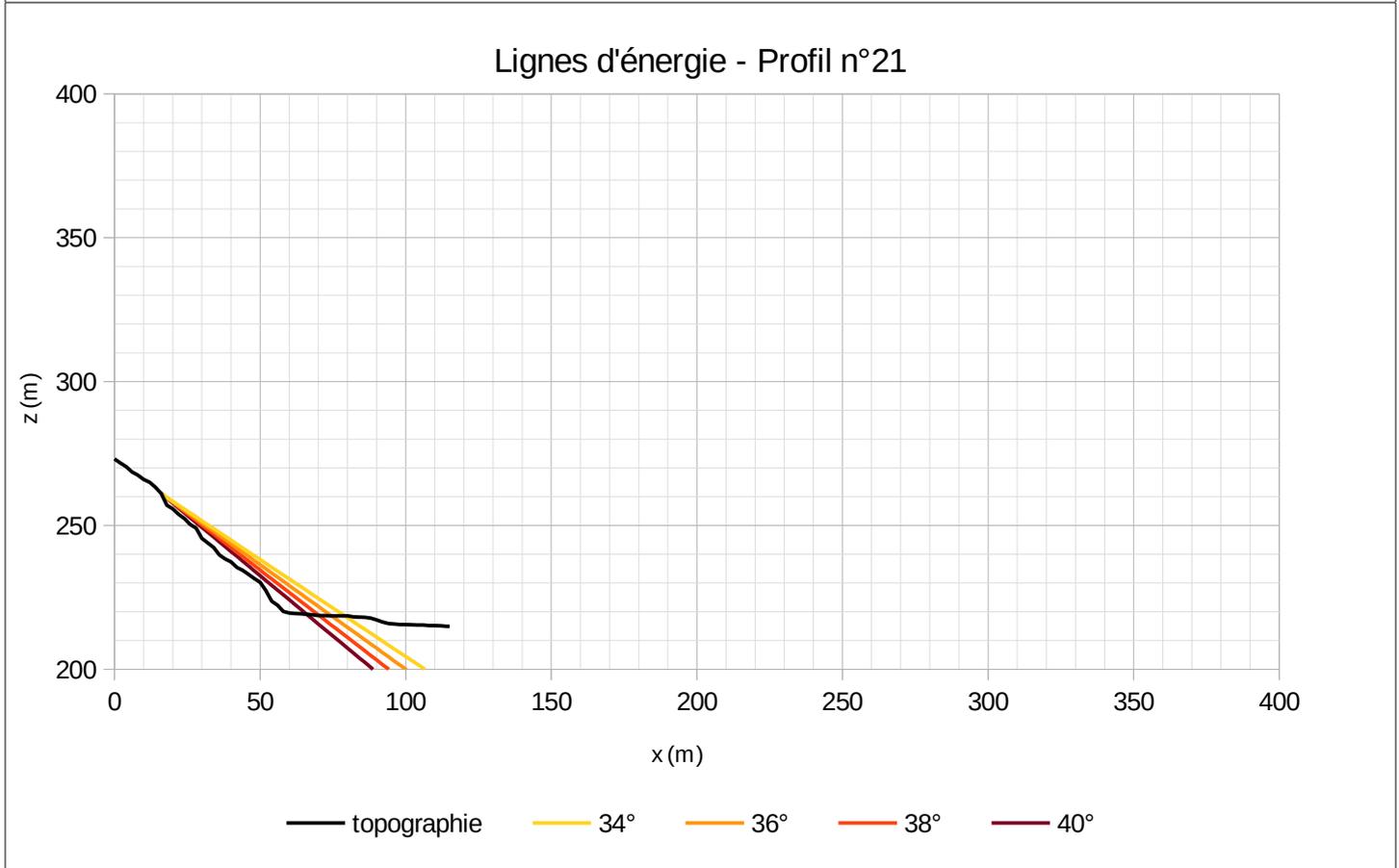
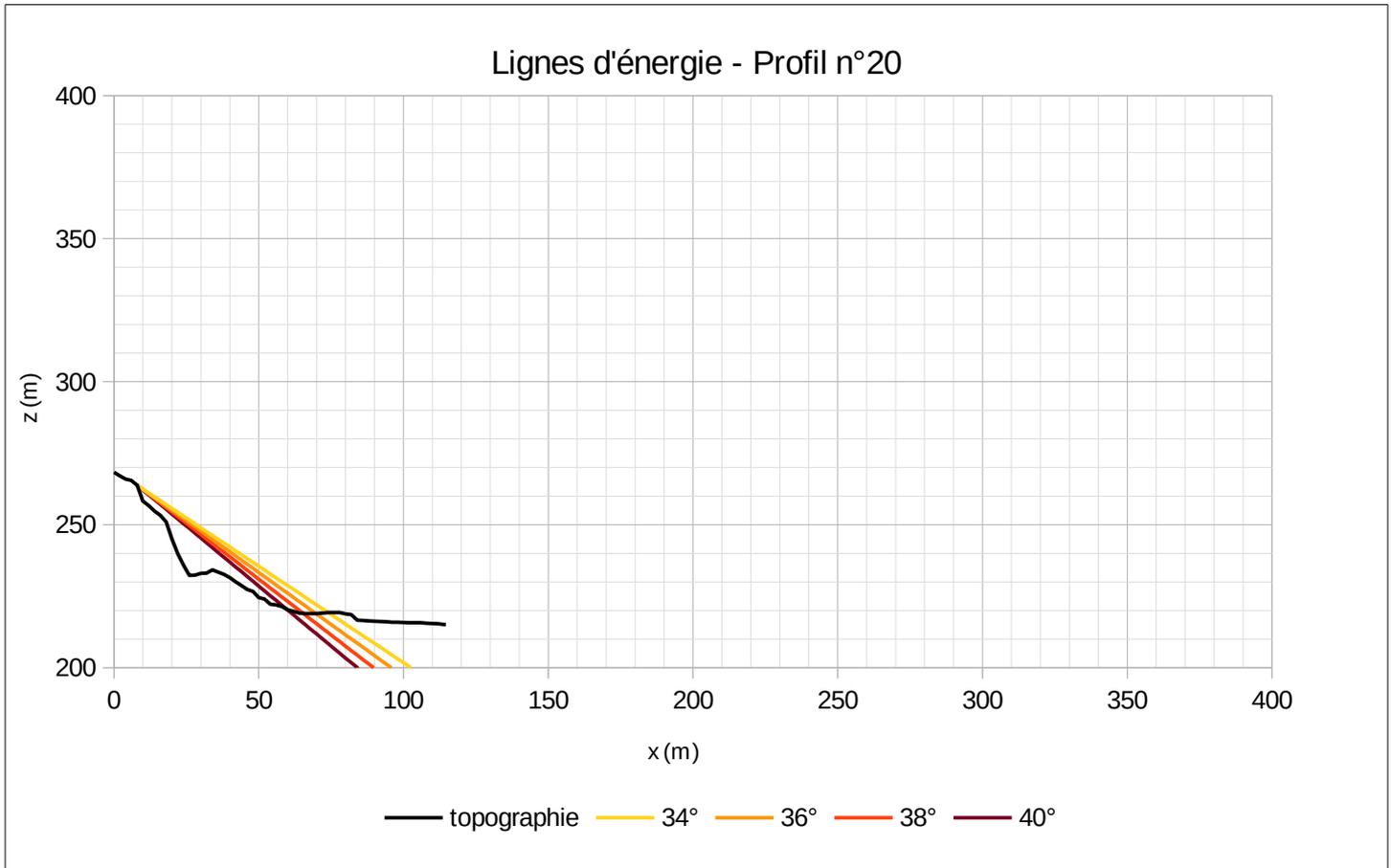


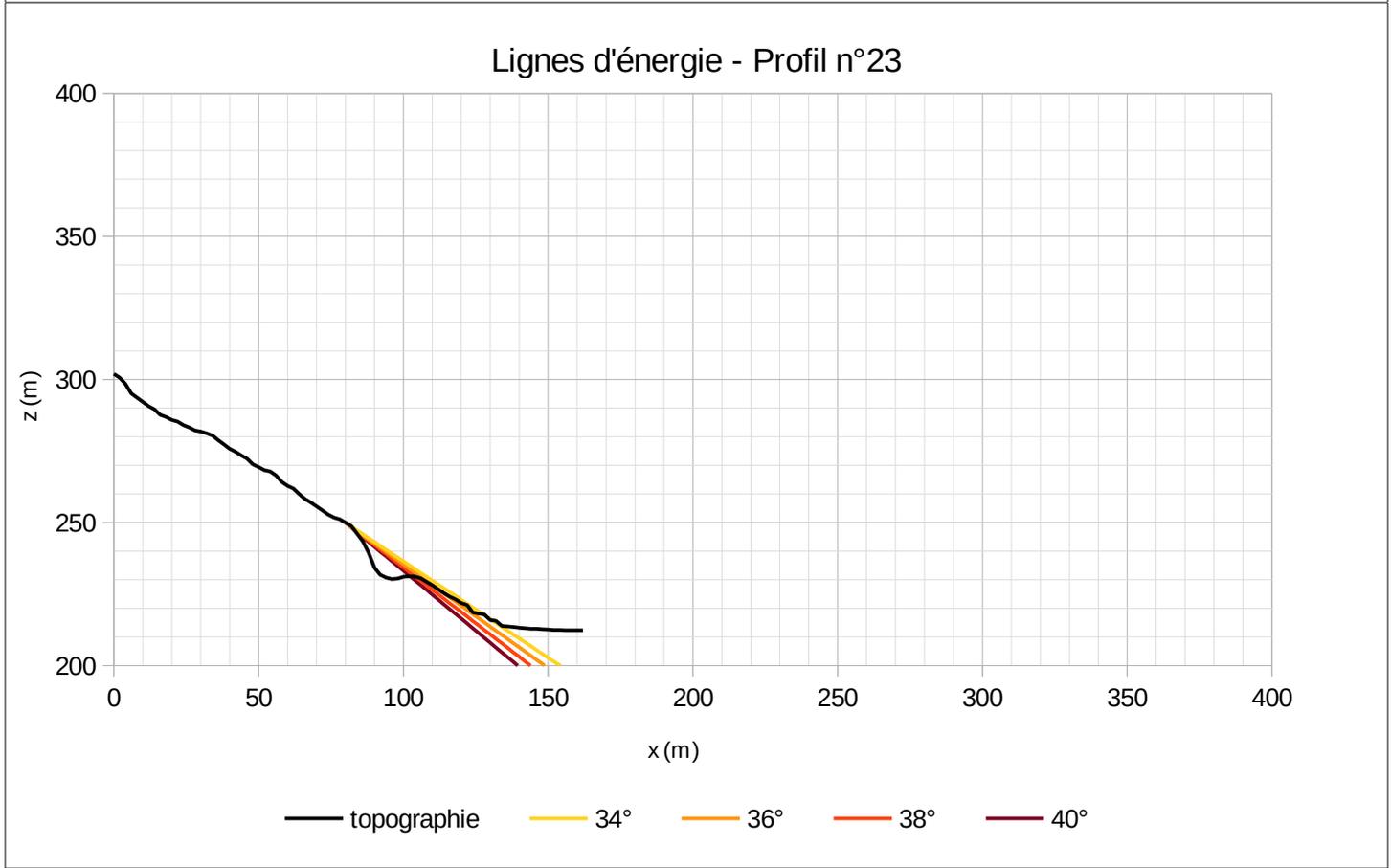
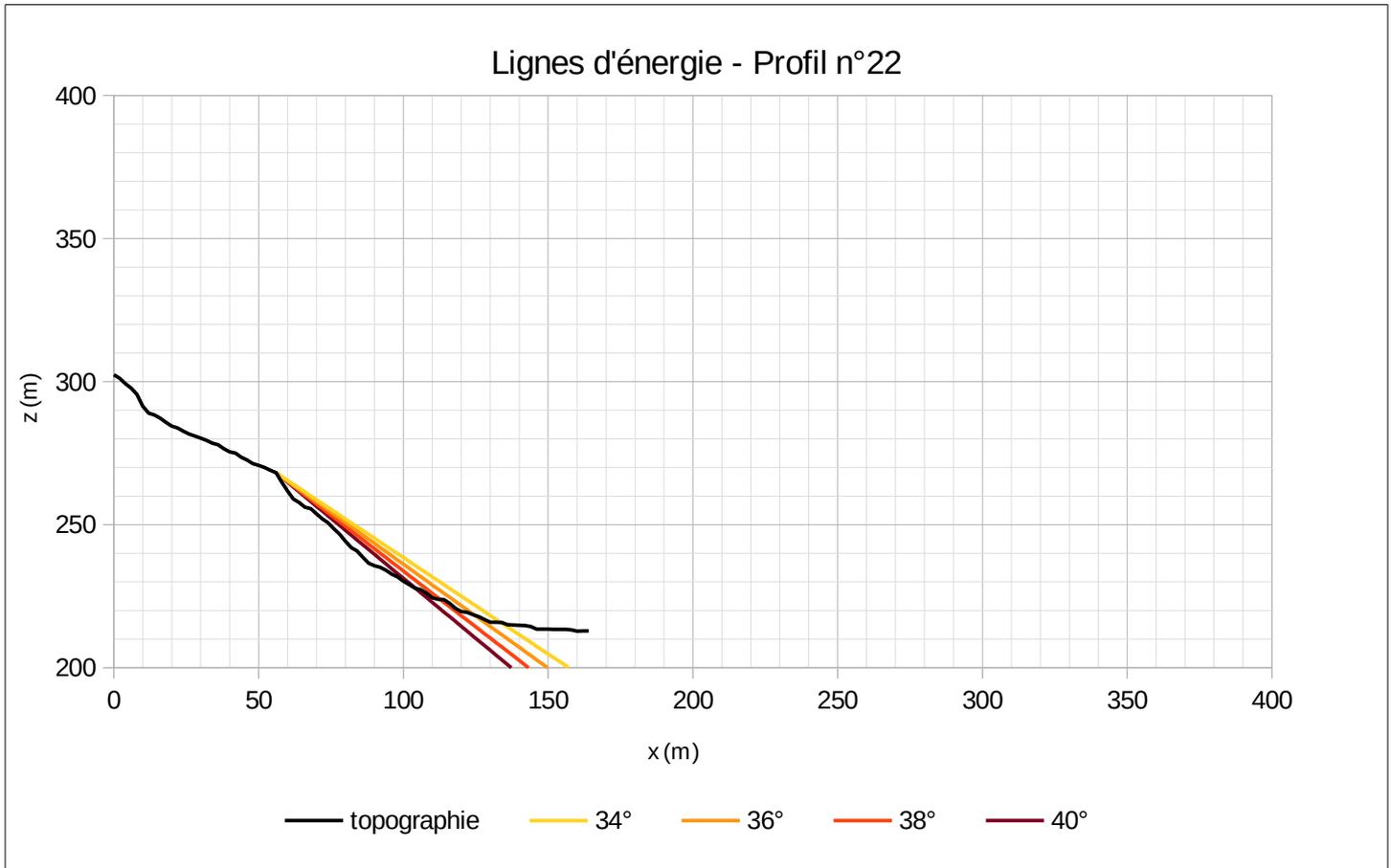


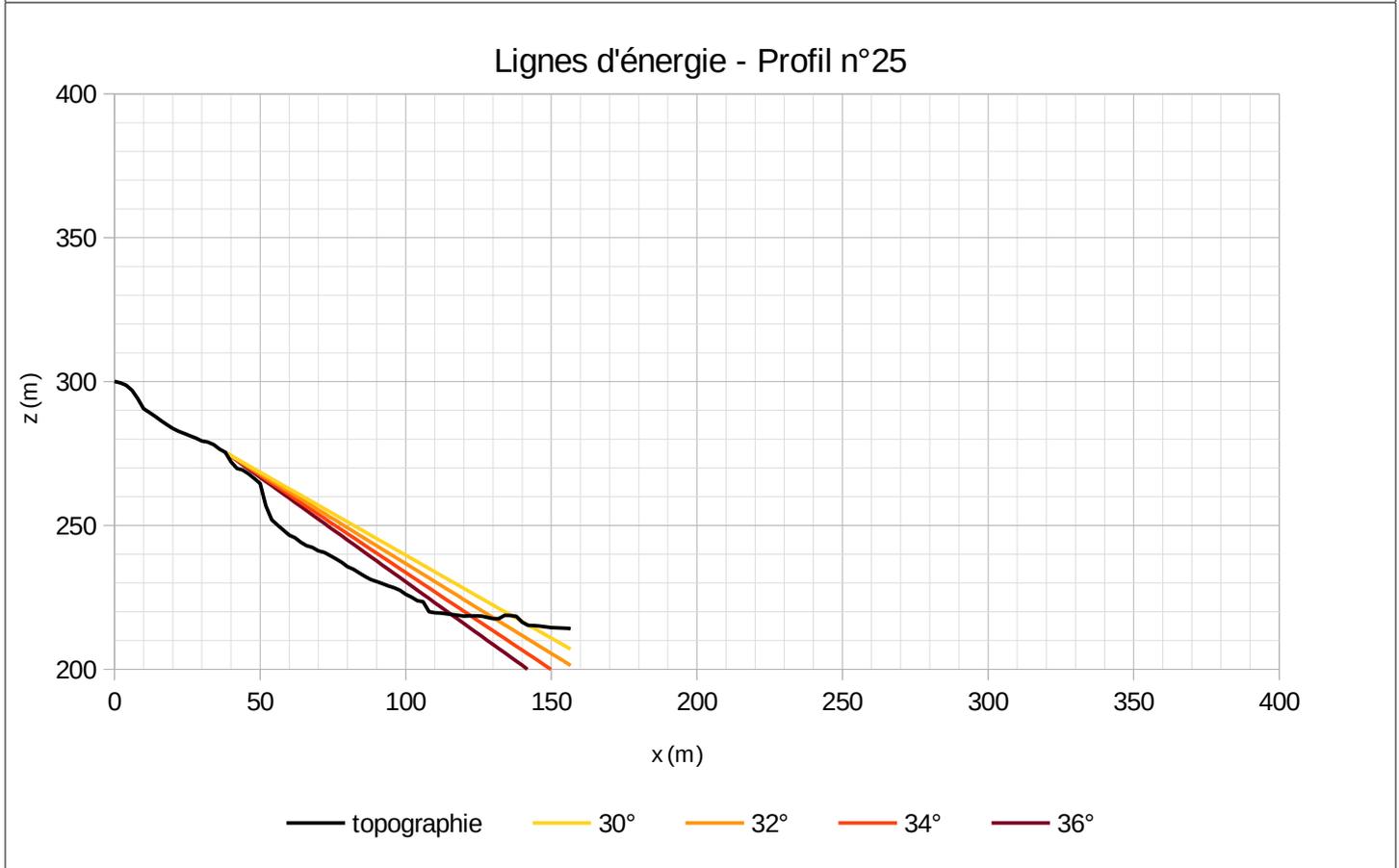
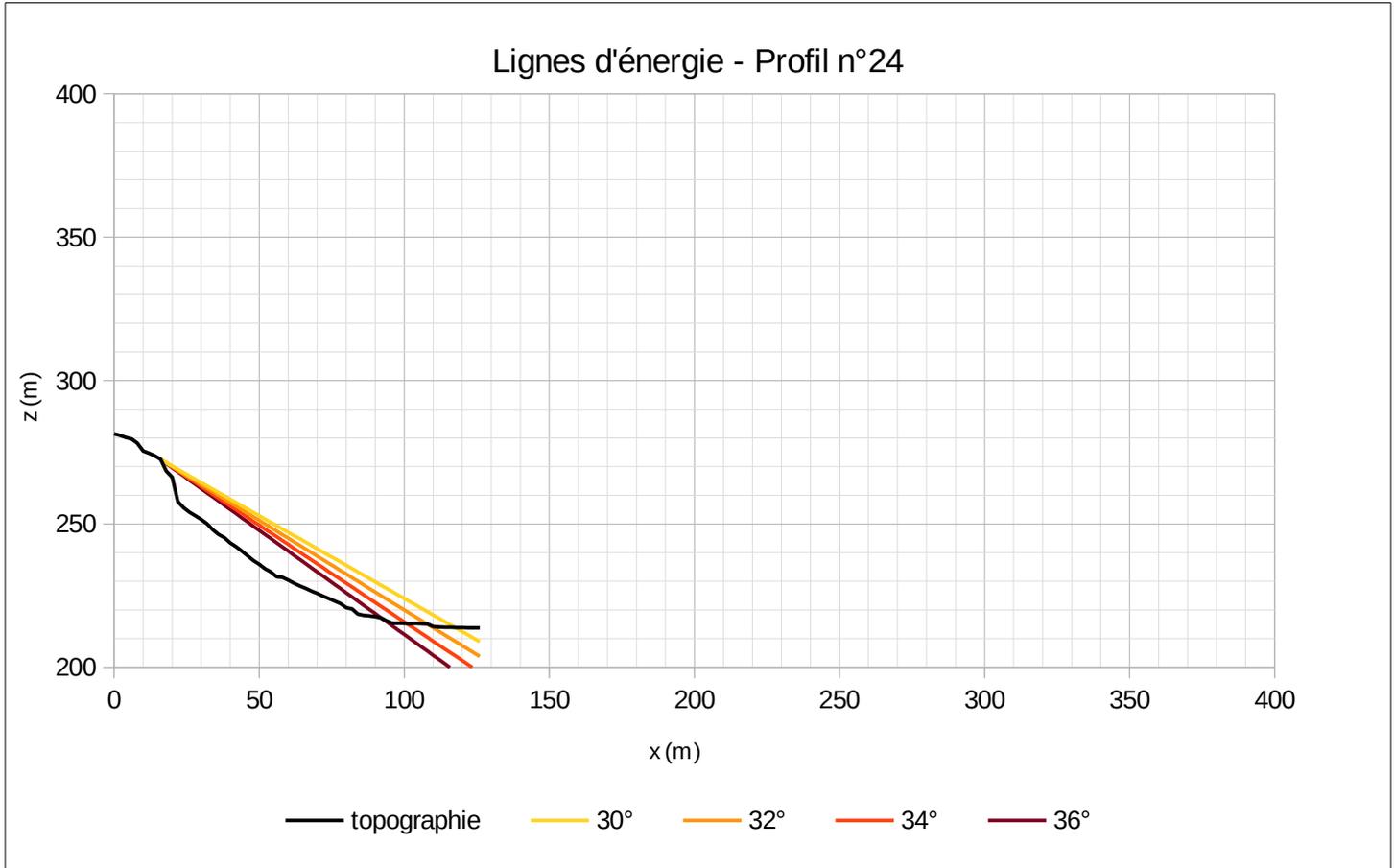


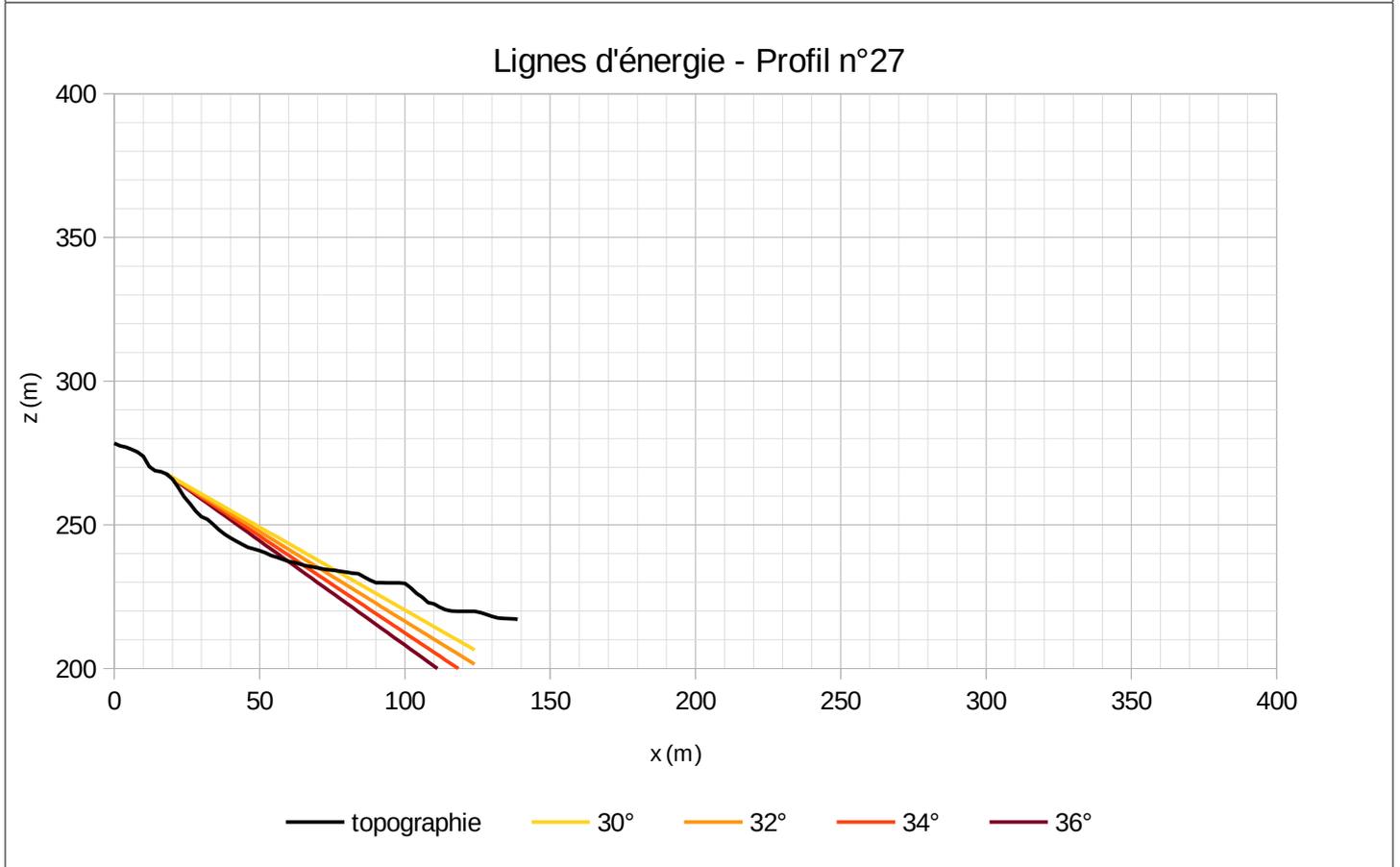
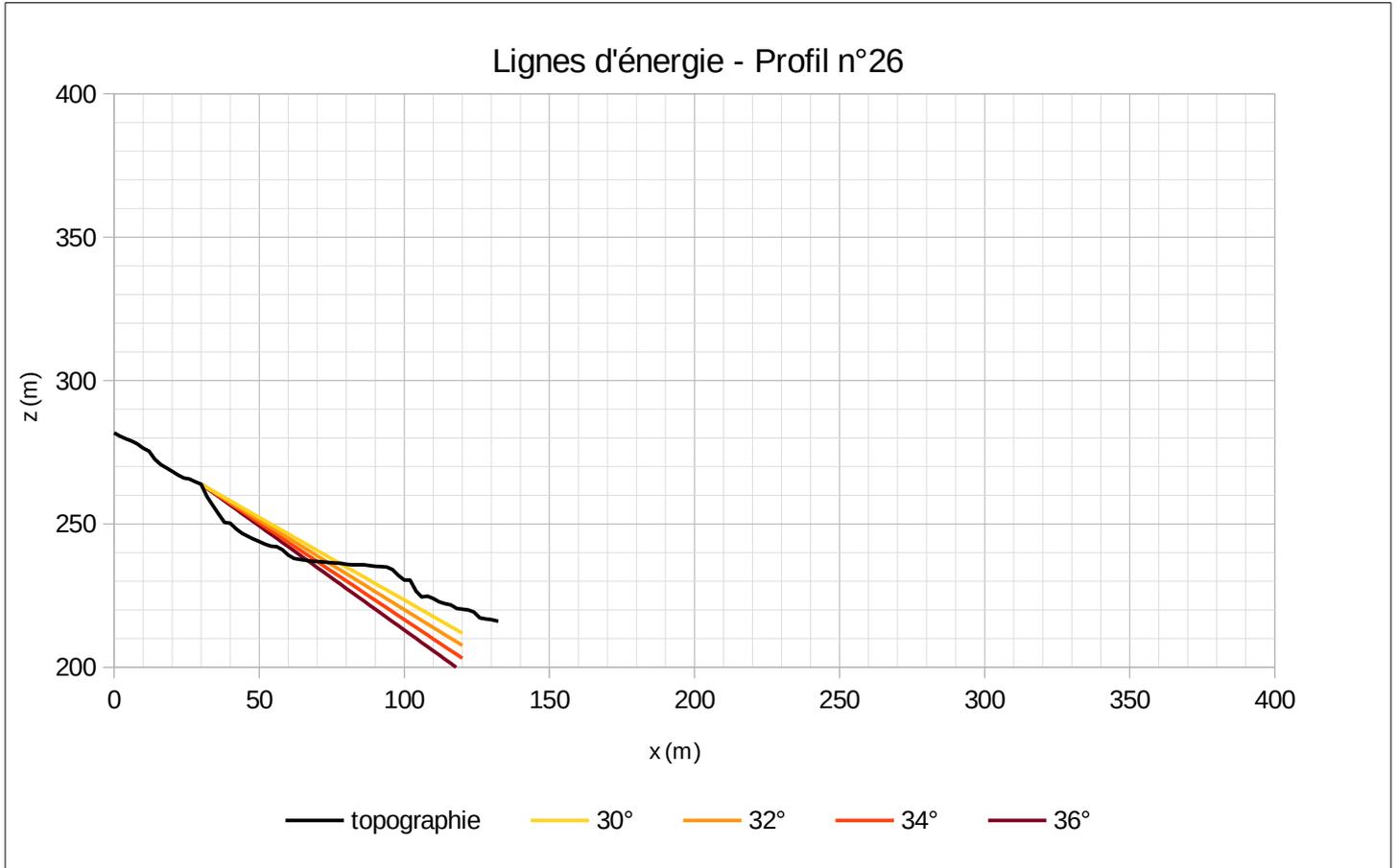


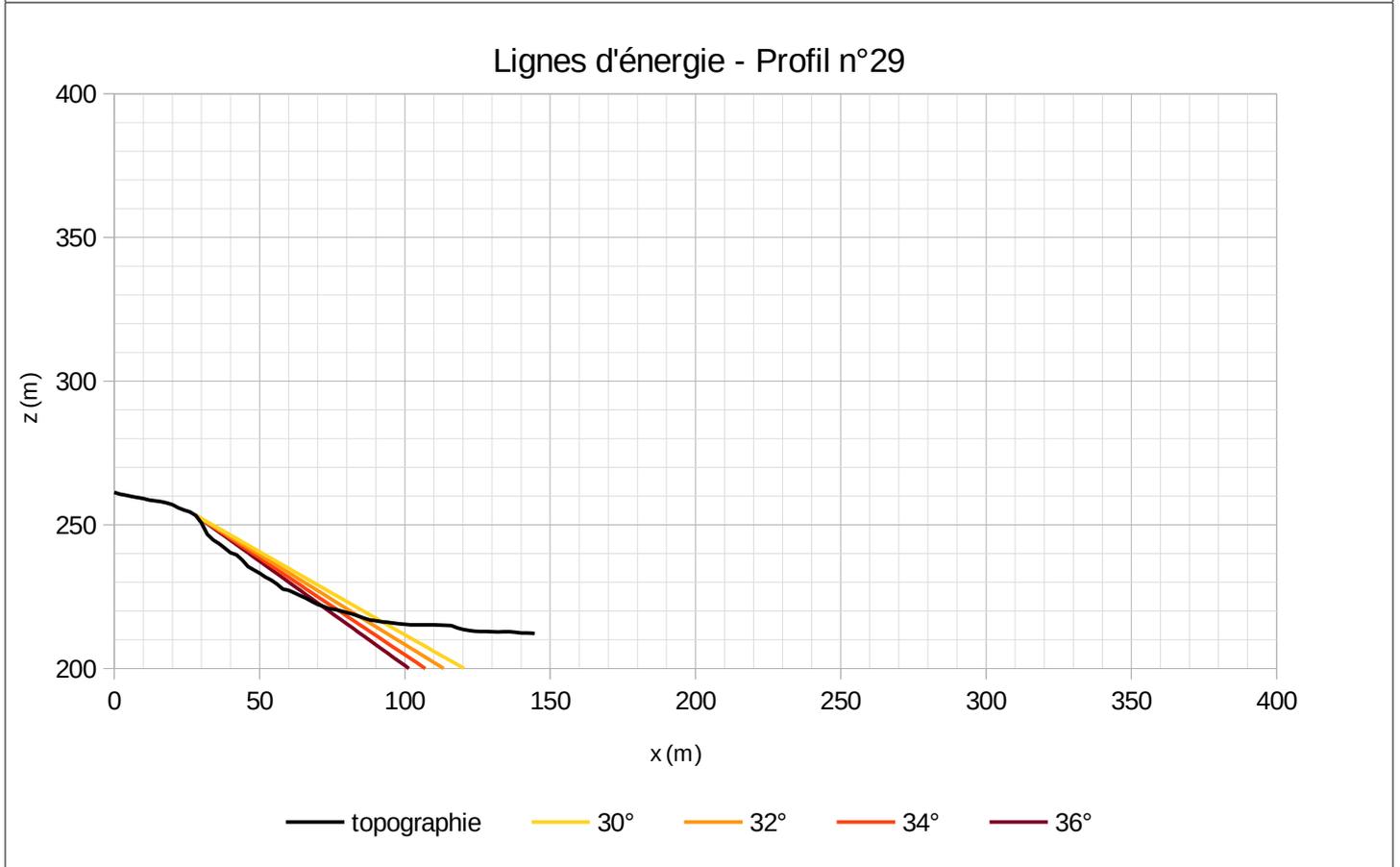
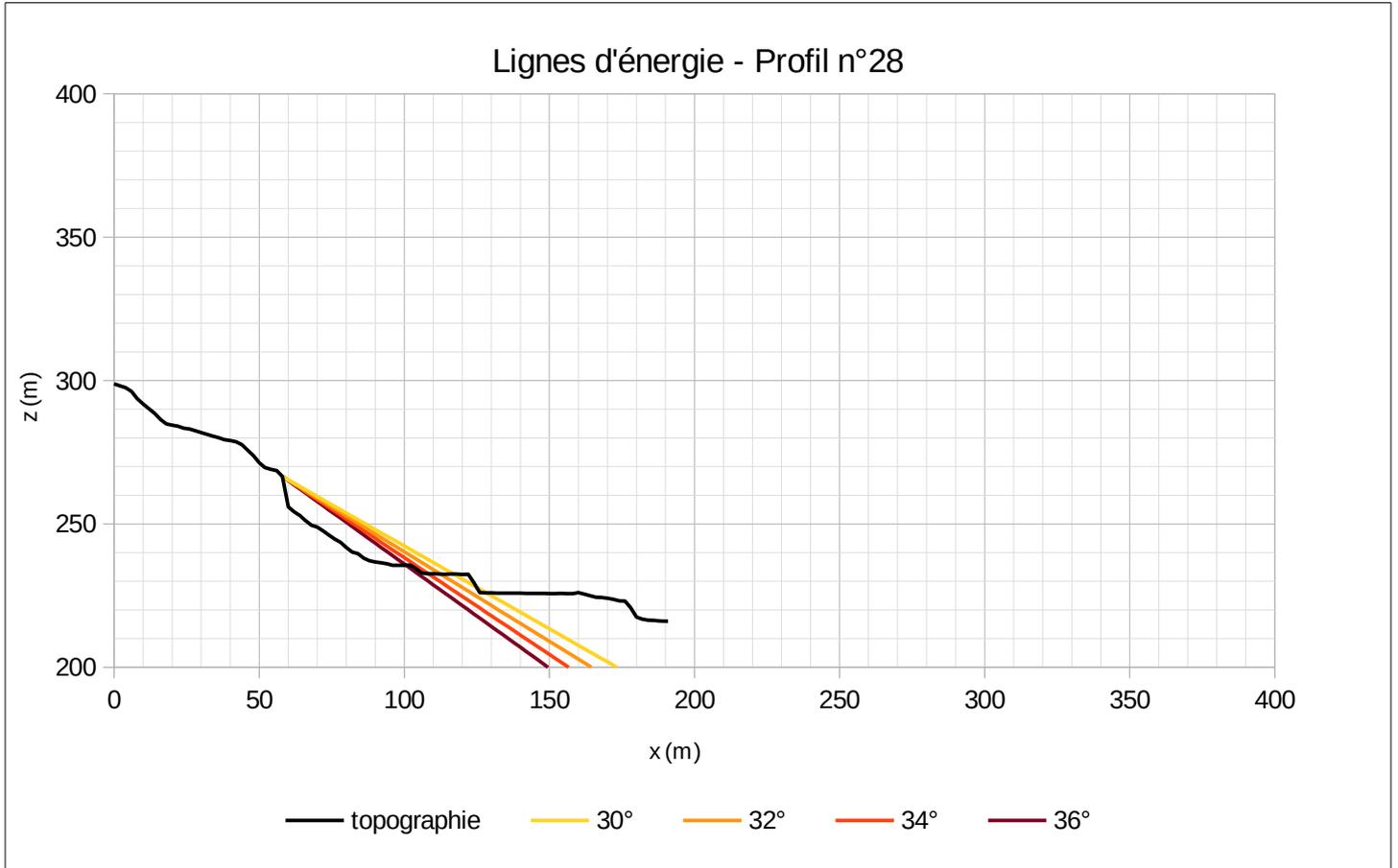


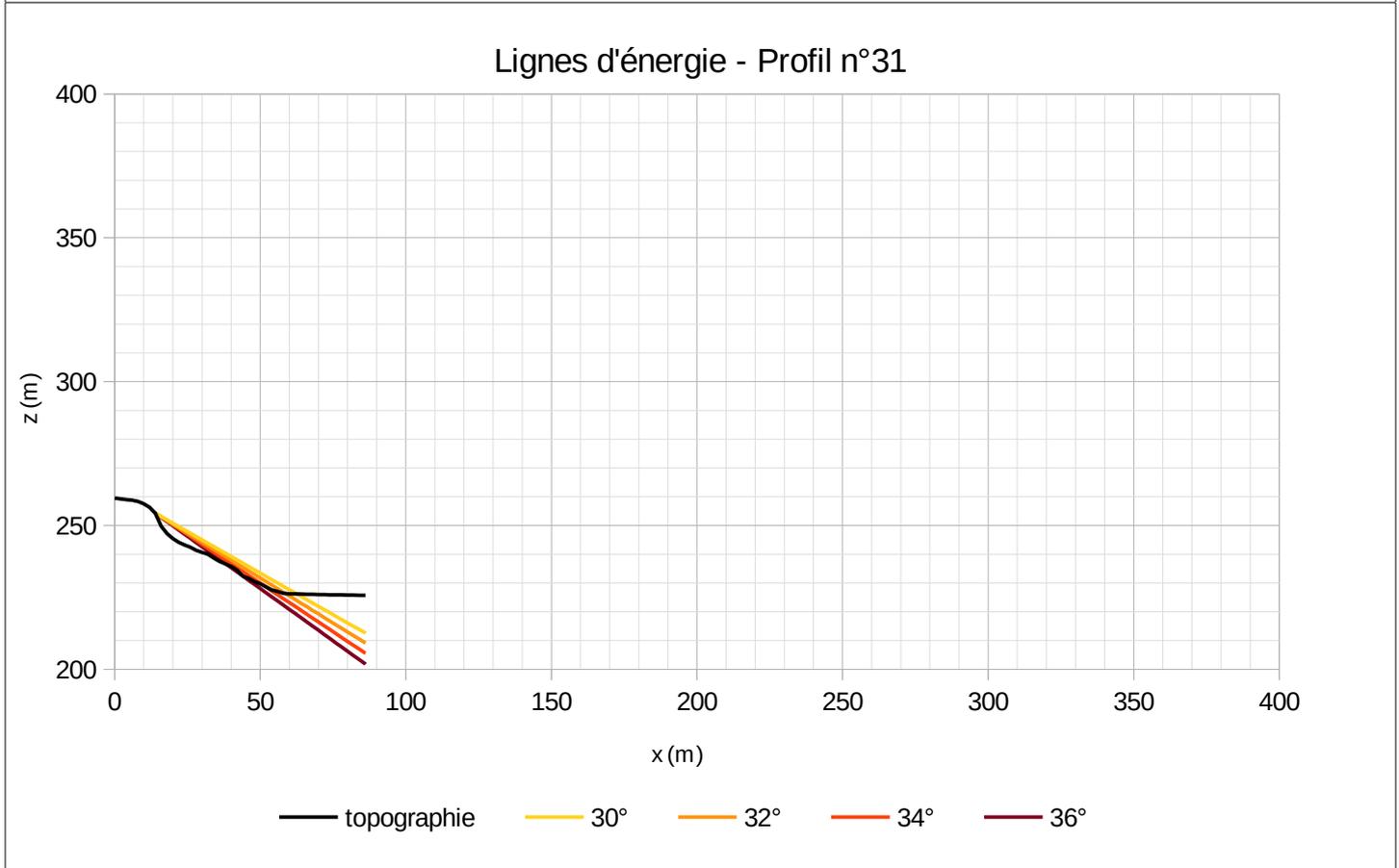
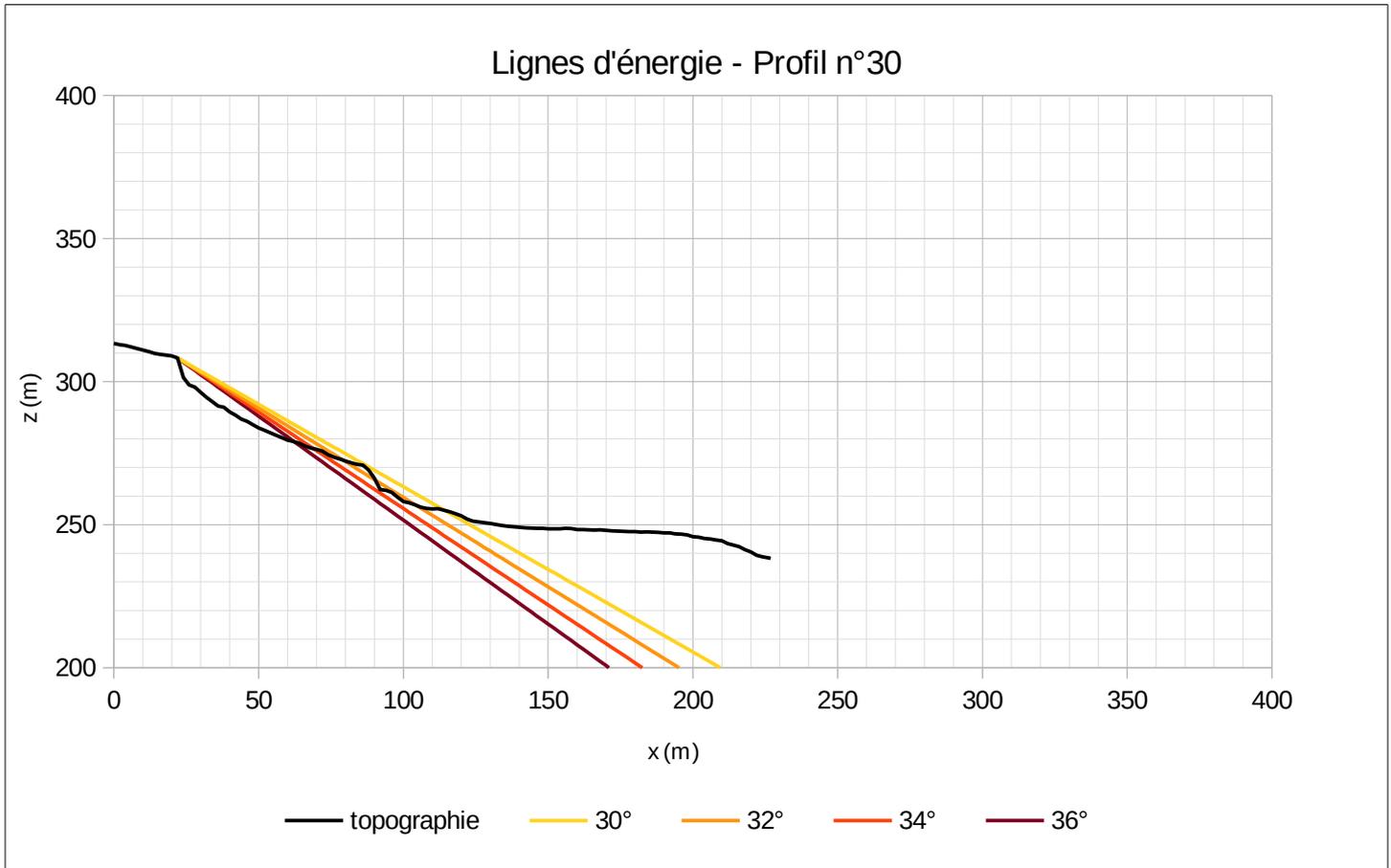


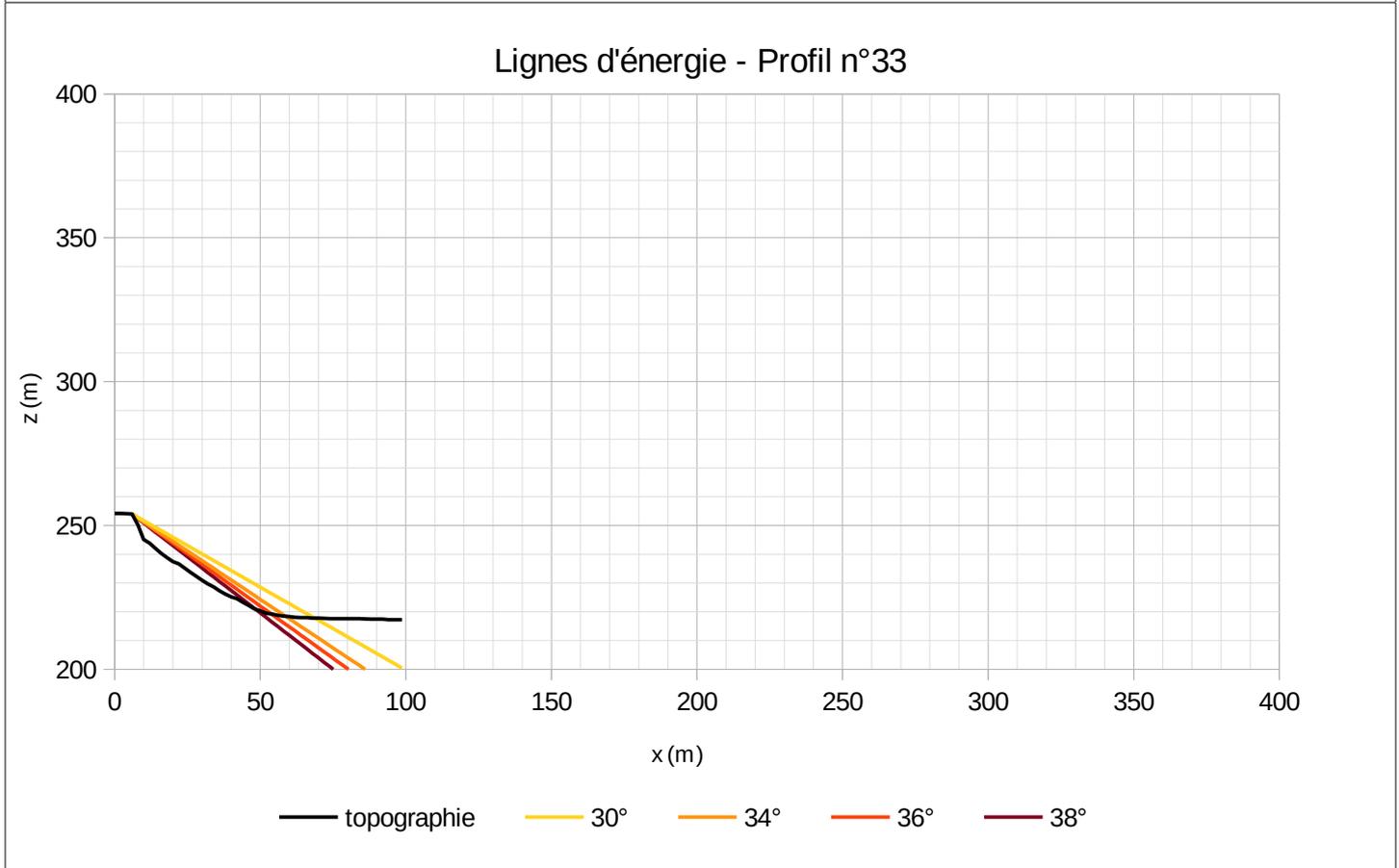
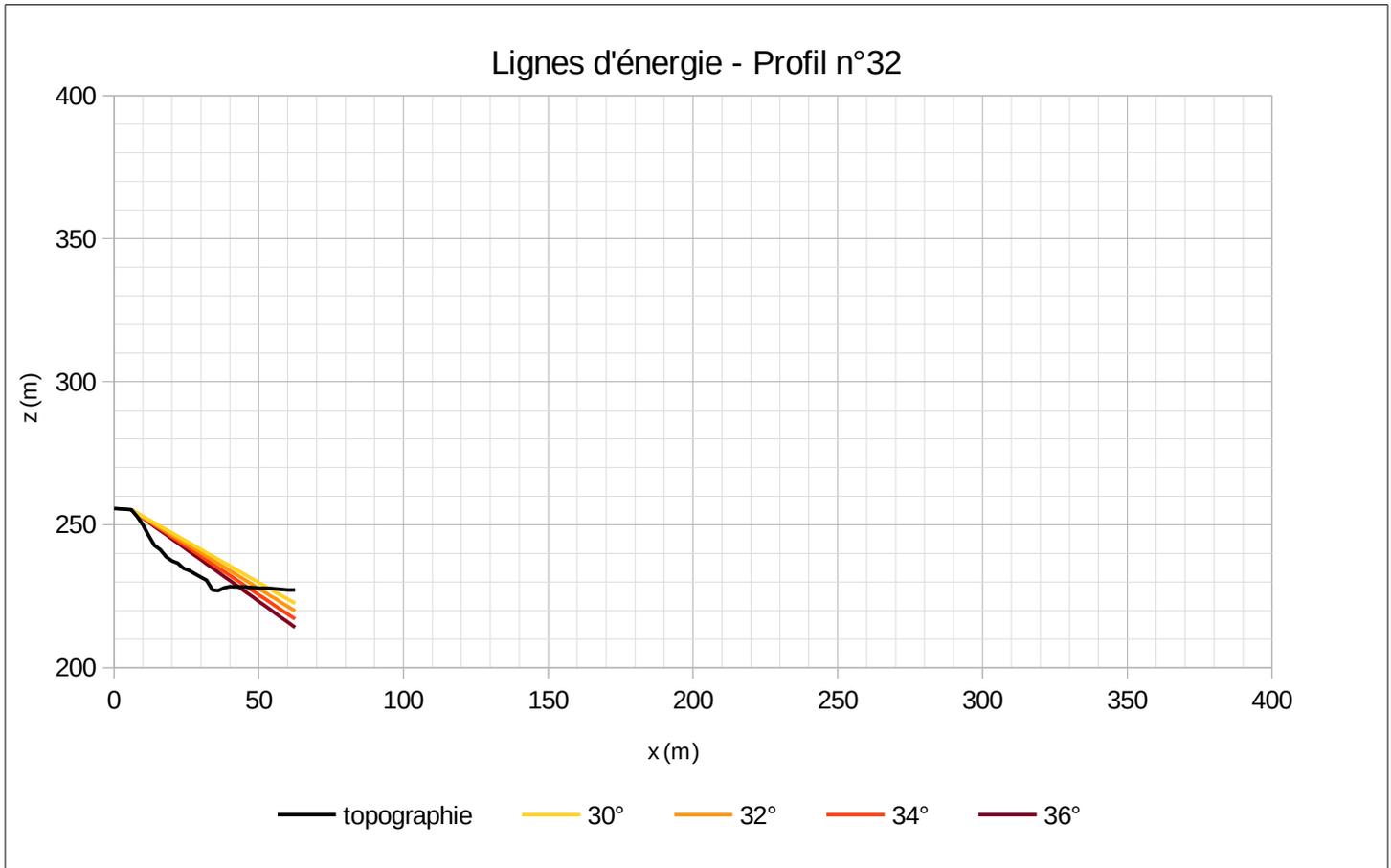


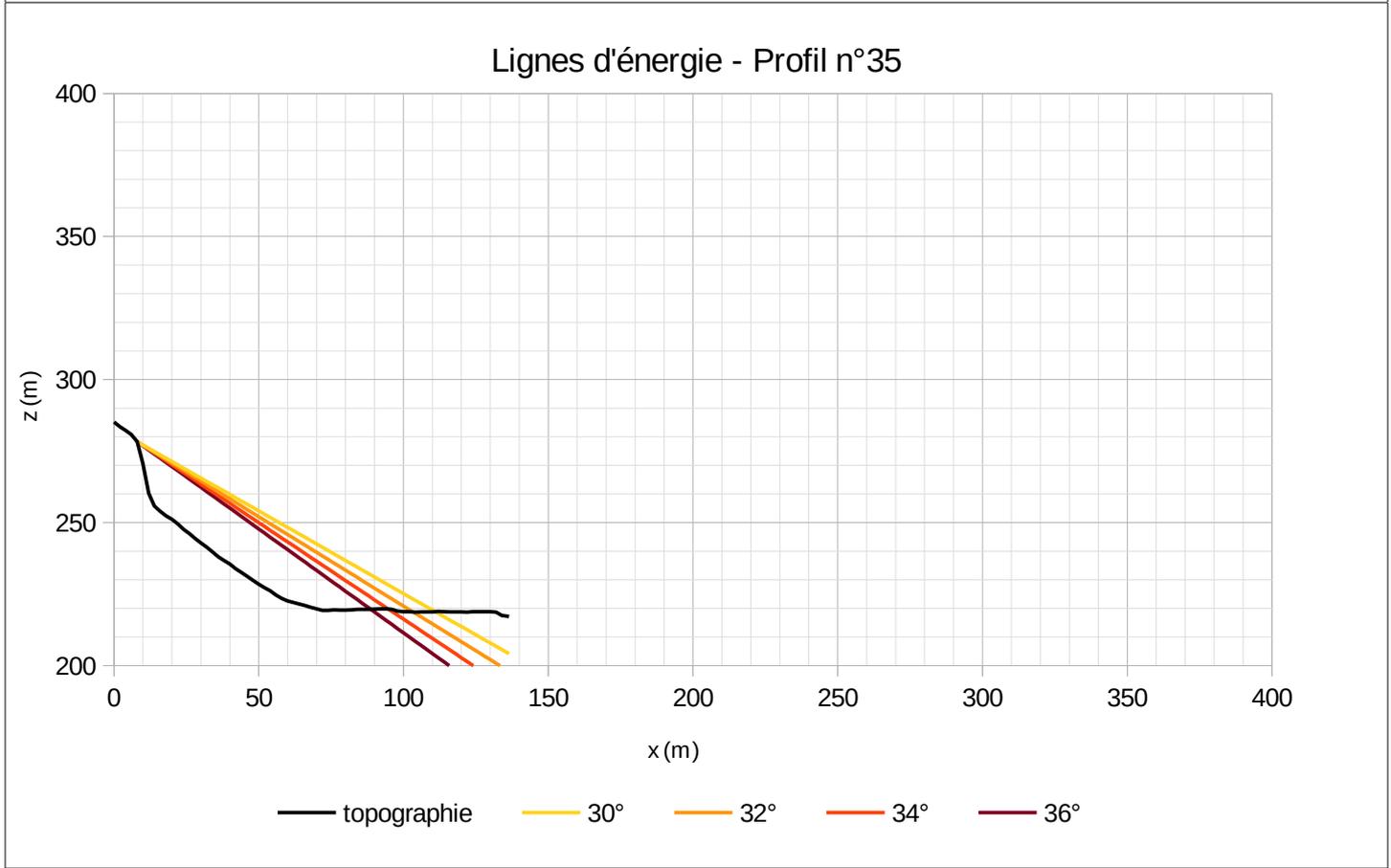
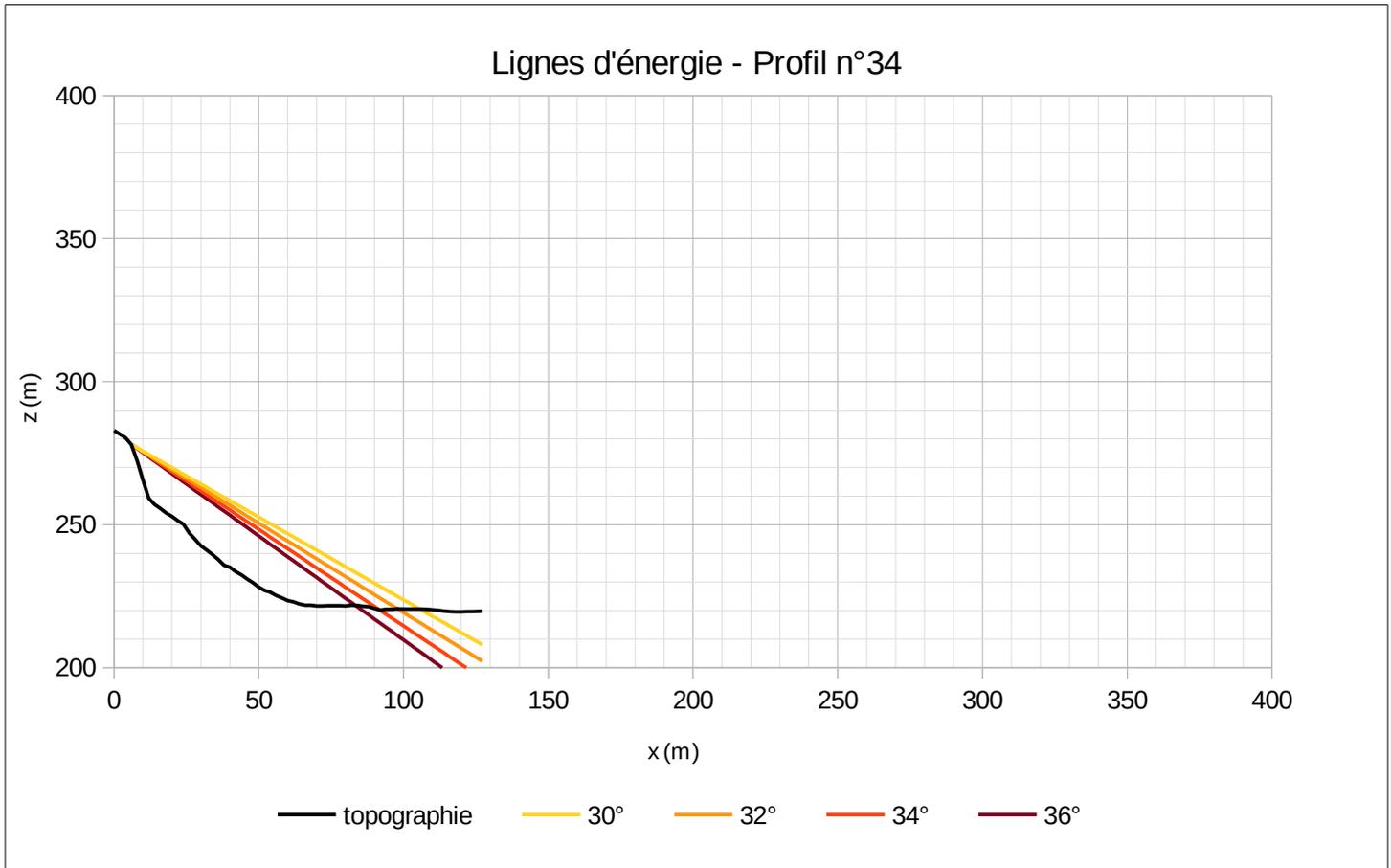


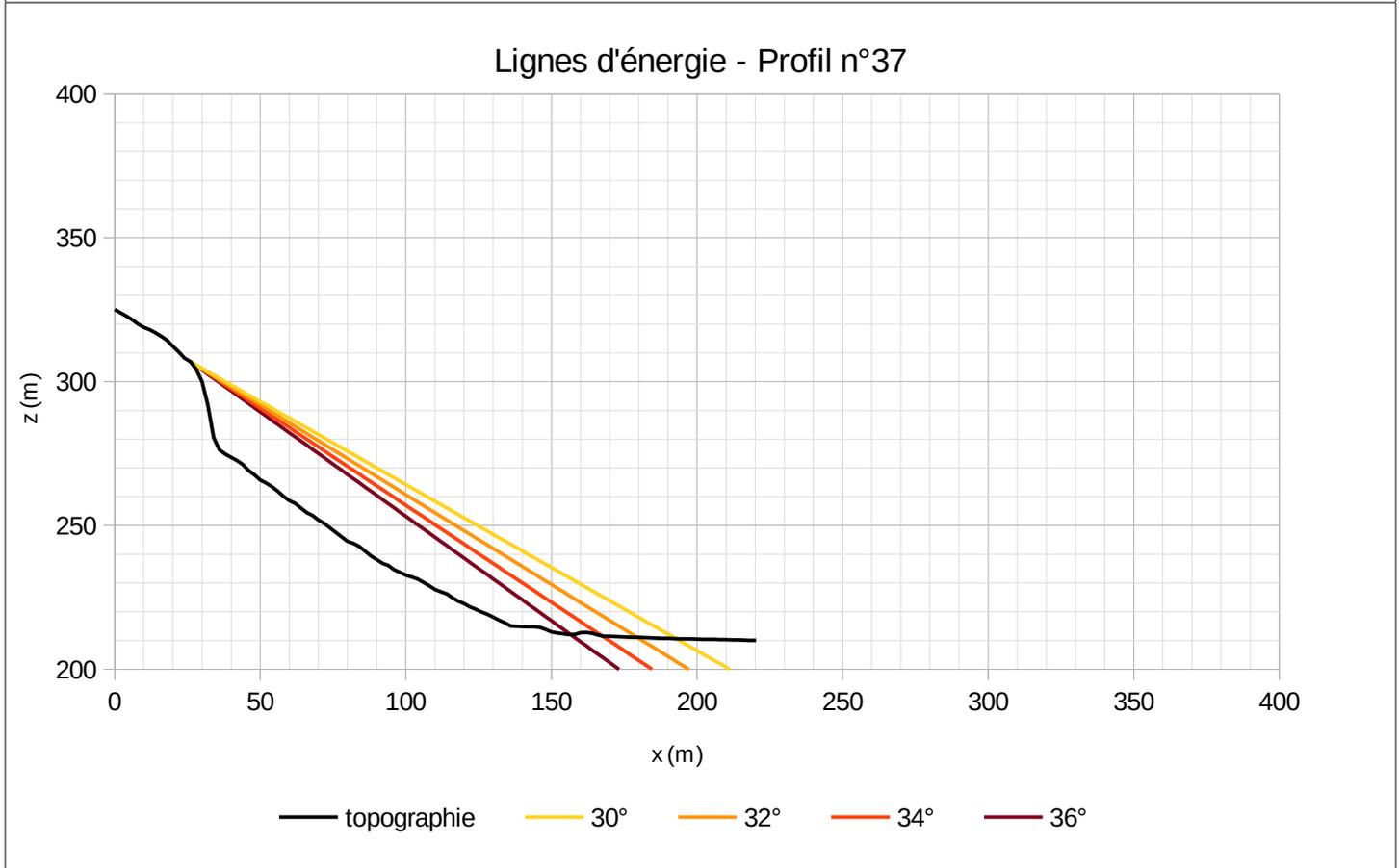
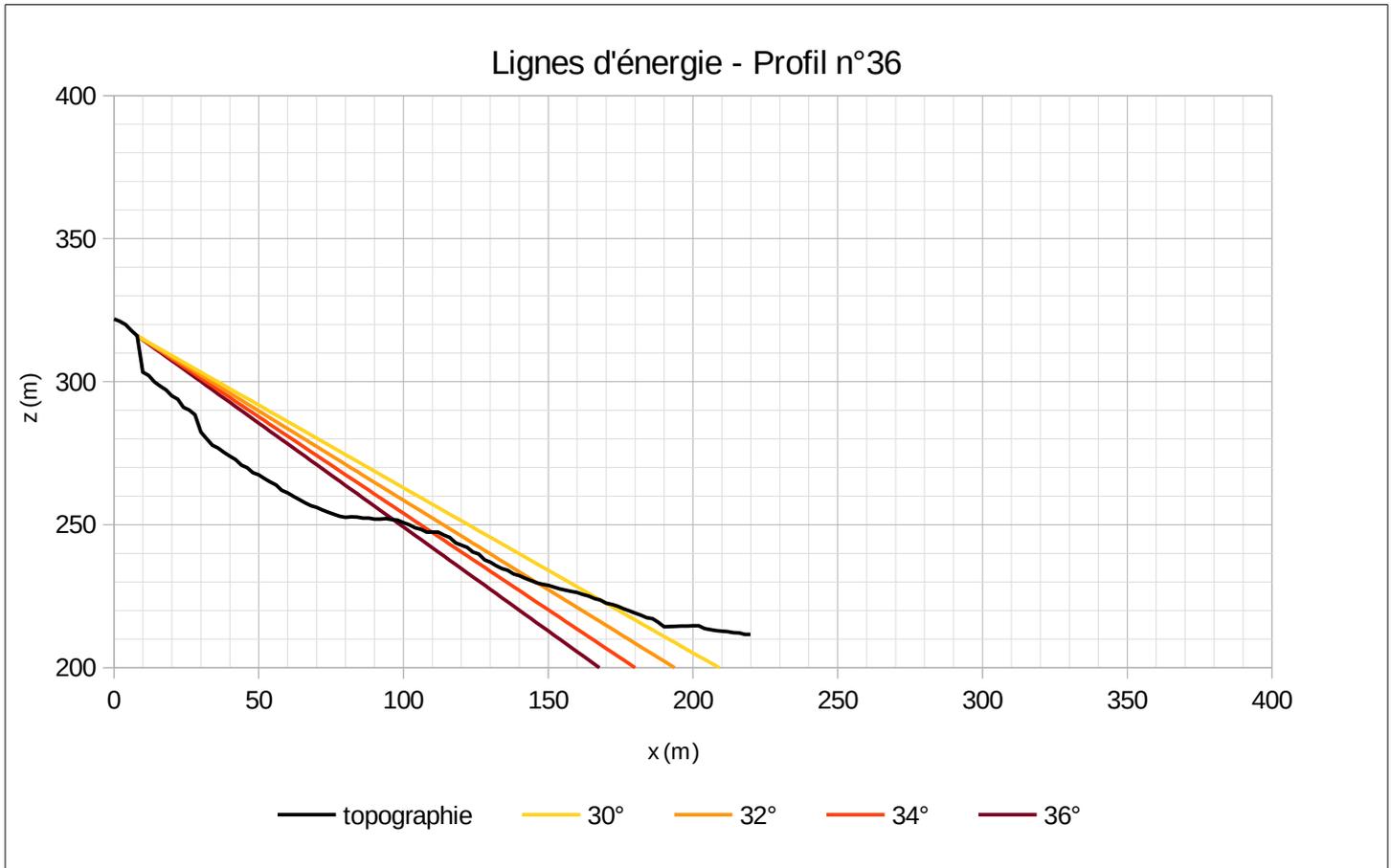


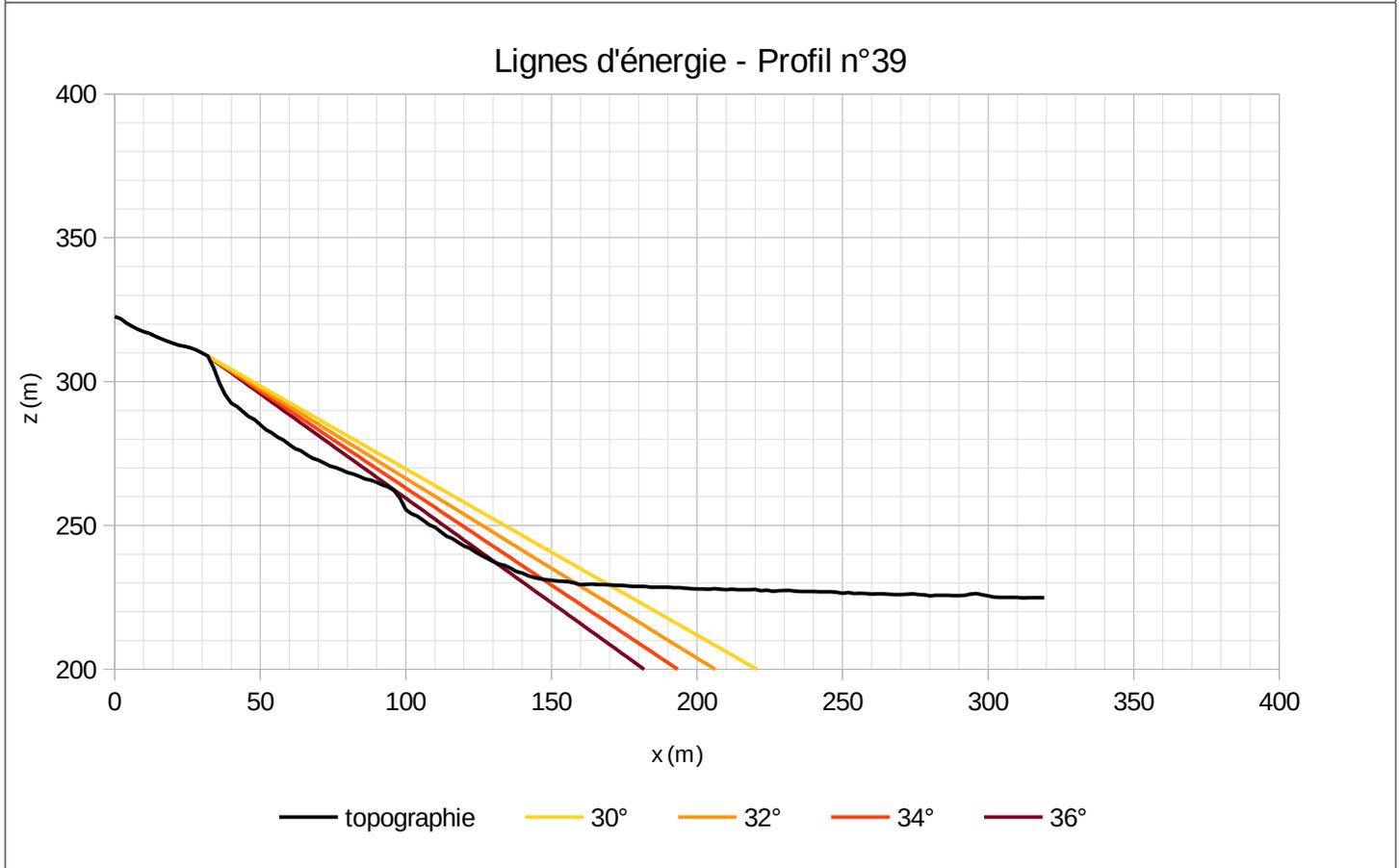
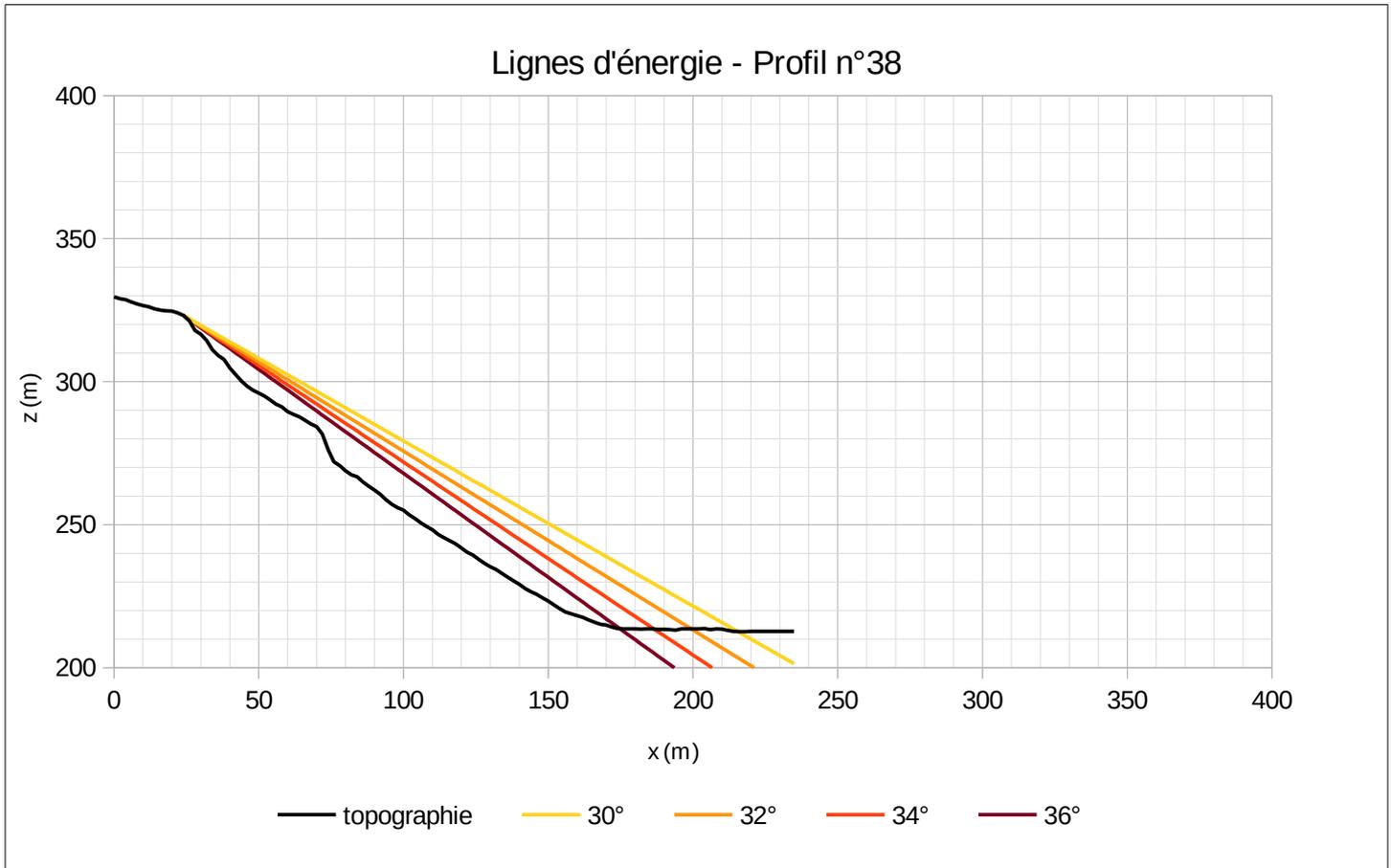












Annexe 8 Table des photos



Photo 1 : Débordement du ruisseau des Grottes au niveau du lavoir le 12 octobre 1988 (source: Le Balmolan - 2000).



Photo 2 : Inondation des propriétés en rive gauche du ruisseau des Grottes -propriétés Nijs et Gonthier (parcelles n°187 et 72)- le 12 octobre 1988 (source: Le Balmolan - 2000).



Photo 3 : Le ruisseau des Grottes en crue au niveau du pont d'accès à la propriété Oliva (parcelle n°186) le 12 octobre 1988 (source : Le Balmolan - 2000).

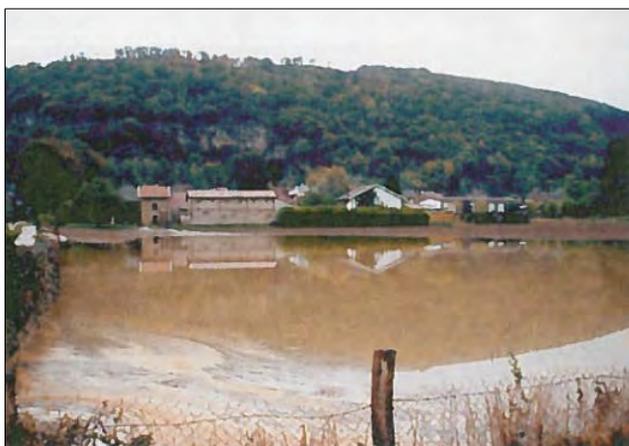


Photo 4 : Inondation d'un champ en rive gauche du ruisseau des Grottes (parcelle n°159) le 12 octobre 1988 (source: Le Balmolan - 2000).



Photo 5 : Aménagement du ruisseau des Grottes à l'aval du lavoir. A droite de la photo le dalot initiant le canal de dérivation.



Photo 6 : La buse du canal de dérivation du ruisseau des Grottes au niveau de la RD65i.



Photo 7 : Pont du ruisseau des Grottes au niveau de la RD65i.



Photo 8 : Ponceau du ruisseau des Grottes à l'aval de la RD65i.



Photo 9 : Pont du ruisseau des Grottes sous la route de Port-Michaud.



Photo 10 : Levée de terre en rive gauche du ruisseau des Grottes à l'aval de la route de Port-Michaud.



Photo 11 : Passage du ruisseau d'Amblérieu sous la RD52c.



Photo 12 : Passage du ruisseau d'Amblérieu sous la RD65.



Photo 13 : Chute de blocs du 31 janvier 2017 au Nord du bourg de La Balme. Les deux blocs principaux ont laissé deux traces bien visibles dans la forêt.



Photo 14 : Zone de départ des blocs de l'évènement du 31 janvier 2017.



Photo 15 : Impacts sur la RD65 lors de l'évènement du 31 janvier 2017.



Photo 16 : Les deux blocs principaux de l'évènement du 31 janvier 2017.



Photo 17 : Le bloc "Nord" de l'évènement du 31 janvier 2017.



Photo 18 : Le bloc "Sud" de l'évènement du 31 janvier 2017. Le jalon rouge et blanc mesure 1m. On observe les dégâts sur les arbres qui ne semblent pas avoir freiné les blocs.



ALP'GEORISQUES - Z.I. - 52, rue du Moirond - Bâtiment Magbel - 38420 DOMENE - FRANCE
Tél. : 04-76-77-92-00 Fax : 04-76-77-55-90
sarl au capital de 18 300 €
Siret : 380 934 216 00025 - Code A.P.E. 7112B
N° TVA Intracommunautaire : FR 70 380 934 216
Email : contact@alpgeorisques.com
Site Internet : <http://www.alpgeorisques.com/>