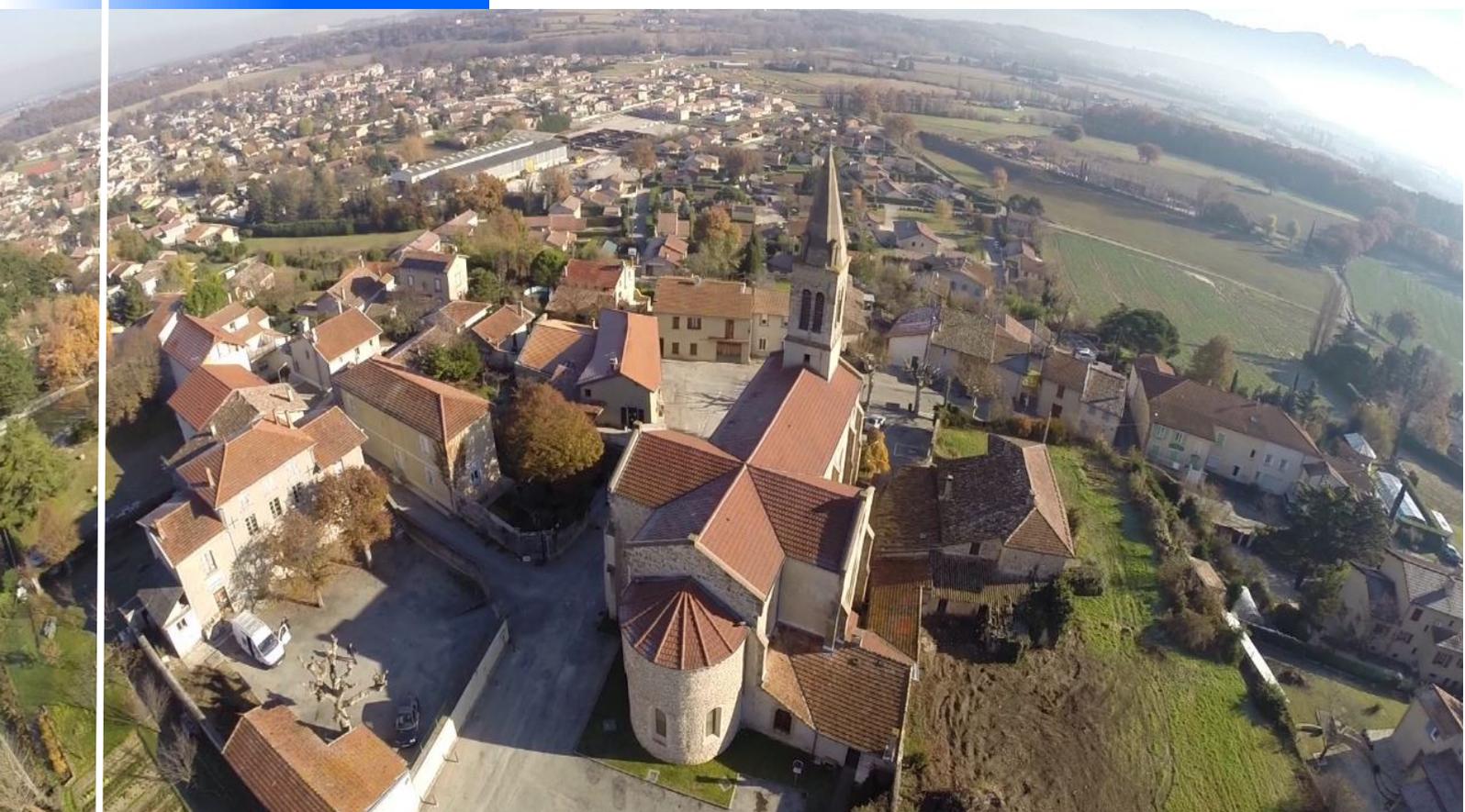


Mairie
29, rue des Monts du Matin
26300 CHATUZANGE-LE-GOUBET

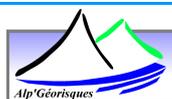
Commune de Chatuzange-le-Goubet (26)

Cartographie de l'aléa ruissellement



Maître d'ouvrage : Mairie de Chatuzange-le-Goubet (26)

Réalisation : Alp'Géorisques



| | | | |
|------------------|---------------------|----------------|-------------------|
| <i>Référence</i> | <i>16121236</i> | <i>Version</i> | <i>4.0</i> |
| <i>Date</i> | <i>Octobre 2018</i> | <i>Édition</i> | <i>13/12/2018</i> |

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 | Cartographie de l'aléa ruissellement | | |
| Sous-titre | Commune de Chatuzange-le-Goubet (26) | | |
| Document | D1507122_ALEA_Chatuzange_ruissellement_v4.odt | | |
| Référence | 16121236 | | |
| Proposition n° | D1507122 | Référence commande | - |
| Maître d'ouvrage | Mairie de Chatuzange-le-Goubet (26) | 29, rue des Monts du Matin 26300 Chatuzange-le-Goubet | |
| Maître d'œuvre ou AMO | - | | |

Modifications

| Version | Date | Description | Auteur | Vérifié par |
|---------|------------|---|--------|-------------|
| 1.0 | 18/05/2016 | Première version de l'étude | CR | DMB / NC |
| 2.0 | 06/07/2017 | Prise en compte des remarques de la commune | CR | DMB / NC |
| 3.0 | 04/10/2018 | Révision de l'étude | SP | DMB / JPR |
| 4.0 | 13/12/2018 | Prise en compte des remarques de la commune | SP | DMB / JPR |

Diffusion

| | | | |
|------------------------|------------------|----------------|----------------------------------|
| Chargé d'études | Stéphane PUGIN | 04 76 77 92 00 | stephane.pugin@alpgeorisques.com |
| Diffusion | Papier | ✓ | - |
| | Numérique | ✓ | Mairie de Chatuzange-le-Goubet |

Archivage

| | |
|-----------------------------------|---|
| N° d'archivage (référence) | 16121236 |
| Titre | Cartographie de l'aléa ruissellement - Commune de Chatuzange-le-Goubet (26) |
| Département | 26 |
| Commune(s) concernée(s) | Mairie de Chatuzange-le-Goubet (26) |
| Cours d'eau concerné(s) | La Lotte, le Charlieu, le Riousset |
| Thème | Aléa, hydraulique |
| Mots-clefs | Ruissellement, modélisation, approche géomorphologique |

PRÉAMBULE

Dans le cadre de la révision du Plan Local d'Urbanisme (PLU) de la commune de Chatuzange-le-Goubet (26), une carte de l'aléa « ruissellement et ravinement sur versant » a été établie en juillet 2016.

Lors de l'exploitation de cette carte, après la réception de l'étude, des interrogations ont été émises sur un certain nombre de zones de ruissellement.

Alp'Géorisques a donc décidé une révision en profondeur de la cartographie produite, en s'appuyant sur une approche par modélisation hydraulique bi-dimensionnelle pour les secteurs à plus fort enjeux (zones urbanisées principalement), et sur des traitements numériques du Modèle Numérique de Terrain (MNT) pour les zones à plus faible enjeux.

Une validation de terrain a été effectuée et les remarques reçues de la part des services municipaux ont été prises en compte après analyse. La nouvelle cartographie est fournie en annexe de ce document.

SOMMAIRE

| | |
|---|-----------|
| I.CONTEXTE ET OBJECTIF DE L'ÉTUDE..... | 9 |
| II.PRÉSENTATION DE LA COMMUNE..... | 9 |
| II.1.Localisation..... | 9 |
| II.2.Occupation du territoire..... | 10 |
| II.3.Milieu naturel..... | 11 |
| II.4.Contexte géologique..... | 11 |
| II.5.Réseau hydrographique..... | 12 |
| II.6.Pluviométrie..... | 13 |
| III.LES PHÉNOMÈNES NATURELS ÉTUDIÉS..... | 14 |
| III.1.Définition des phénomènes étudiés..... | 14 |
| III.2.Contenu et forme de la carte des aléas..... | 14 |
| IV.LES ALÉAS..... | 15 |
| IV.1.Notion d'aléa..... | 15 |
| IV.2.Notion d'intensité et de probabilité d'occurrence..... | 15 |
| IV.3.Phénomène de référence..... | 16 |
| V.QUALIFICATION ET CARTOGRAPHIE DES ALÉAS..... | 16 |
| V.1.L'aléa ravinement et ruissellement sur versant..... | 16 |
| V.1.1.Définition du phénomène..... | 16 |
| V.1.2.Principes de qualification de l'aléa..... | 16 |
| V.1.2.1.Phénomène de référence..... | 17 |
| V.1.2.2.Critères généraux de qualification de l'aléa..... | 17 |
| V.1.2.3.Axes d'écoulement..... | 17 |
| V.1.2.4.Ruissellement diffus..... | 18 |
| V.1.2.5.Spécificités du ravinement..... | 18 |
| V.1.3.Qualification de l'aléa..... | 18 |
| V.1.3.1.Secteurs à plus forts enjeux..... | 18 |
| V.1.3.2.Secteurs à plus faibles enjeux..... | 20 |
| V.1.3.3.Interprétation des résultats..... | 20 |
| V.1.3.4.Commentaires et validation de terrain..... | 20 |
| V.2.L'aléa accumulation des eaux de ruissellement..... | 21 |
| V.2.1.Définition du phénomène..... | 21 |
| V.2.2.Principes de qualification de l'aléa..... | 21 |
| V.2.3.Qualification de l'aléa..... | 21 |
| V.3.Prise en compte des ouvrages de protection (murs, murets, merlon, fossé, etc.)..... | 22 |
| V.4.Représentation cartographique des aléas..... | 22 |
| V.4.1.Échelle et précision de la cartographie..... | 22 |
| V.4.2.Mode de représentation des aléas..... | 22 |
| V.5.Éléments cartographiés..... | 23 |
| V.5.1.Aléas « ravinement et ruissellement sur versant » et « accumulation des eaux de ruissellement »..... | 23 |

| | | |
|---------------|--|-----------|
| V.5.2. | Aléa « ruissellement sur voirie » | 23 |
| V.5.3. | Aléa « axe d'écoulement » | 24 |
| V.5.4. | Zone urbaine de production du ruissellement | 24 |
| V.5.5. | Zones de vigilance | 25 |
| V.5.6. | Informations complémentaires | 25 |
| V.5.6.1. | Aléa « inondation de plaine » | 25 |
| V.5.6.2. | Bâtiments cadastrés | 26 |
| V.5.6.3. | Réseau hydrographique | 26 |
| V.5.6.4. | Bassins et étangs | 26 |
| VI. | INTÉGRATION DE L'ALÉA DE RUISELLEMENT DANS LE PLU | 27 |
| VI.1. | Mesures techniques de réduction de la vulnérabilité | 28 |
| VI.2. | Mesures relatives au ruissellement sur voirie | 29 |
| VI.3. | Mesures de prévention | 30 |
| VII. | SYNTHÈSE | 32 |
| VIII. | ANNEXES | 33 |
| VIII.1. | Annexe 1 : Note technique sur la modélisation hydraulique du ruissellement pour cartographier les zones à plus fort enjeux | 35 |
| VIII.2. | Annexe 2 : Note technique sur les traitements du Modèle Numérique de Terrain (MNT) pour cartographier les zones à plus faible enjeux | 37 |
| VIII.3. | Annexe 3 : Cartes des aléas hydrauliques de la commune de Chatuzange-le-Goubet | 39 |

I. Contexte et objectif de l'étude

Dans le cadre de la révision de son Plan Local d'Urbanisme (PLU), la commune de Chatuzange-le-Goubet doit disposer d'une cartographie des aléas « ravinement et ruissellement sur versant » et « inondation en pied de versant ».

C'est pourquoi Alp'Géorisques a été mandaté pour produire :

- une carte de ces aléas intégrable à sa révision du PLU ;
- un rapport d'étude comprenant :
 - une formalisation et une description de la méthodologie employée pour la cartographie des aléas ;
 - des recommandations pour intégrer l'aléa de ruissellement dans le PLU.

Un accompagnement de la commune lors de réunions avec les services de l'État (Direction Départementale des Territoires de la Drôme, DDT 26) a également été fourni par Alp'Géorisques.

II. Présentation de la commune

II.1. Localisation

La commune de Chatuzange-le-Goubet se situe dans la Drôme, à une vingtaine de kilomètres au nord-est de Valence (Figure 1).

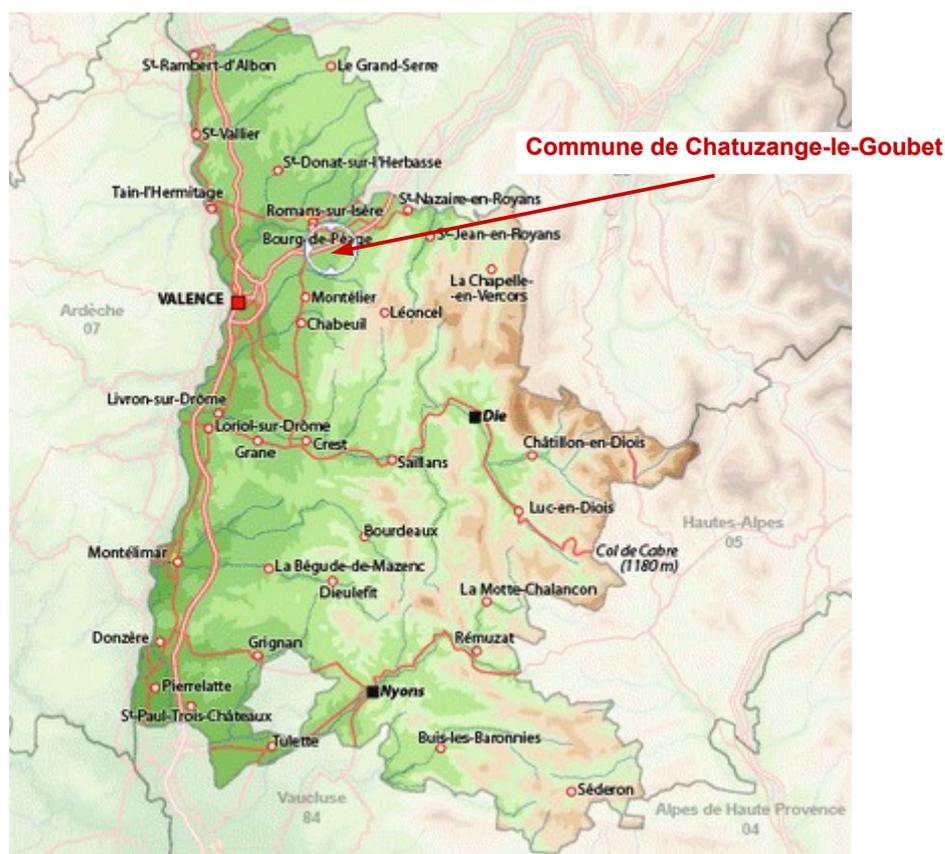


Figure 1: Localisation de Chatuzange-le-Goubet (26)

Elle est limitrophe des communes de Bourg-de-Péage, Romans-sur-Isère, Alixan, Beauregard-Baret, Besayes, Marches, Rochefort-Samson et Saint-Paul-les-Romans. Elle est attachée à la communauté d'agglomération de Valence Romans Agglo.

II.2. Occupation du territoire

Le territoire de Chatuzange-le-Goubet couvre une superficie de 2 821 hectares (28,2 km²). Il s'inscrit dans un cadre rural souligné par de grands espaces agricoles et naturels.

La commune est divisée en quatre secteurs à savoir Papelissier, Pizançon, Le Goubet et Chatuzange. Les plus fortement urbanisés sont les secteurs de Pizançon au nord-ouest et le bourg de Chatuzange au centre de la commune.

Un habitat dispersé complète l'urbanisation de la commune pour chacun des secteurs mentionnés. Il s'agit d'exploitations agricoles ou de petits groupes d'habitations situés à l'écart des ensembles urbanisés décrits précédemment.

La commune connaît une croissance démographique relativement régulière depuis une quarantaine d'années. Son nombre d'habitants atteignait 5 311 individus en 2015 (Tableau1).

Tableau1: Evolution de la population de la commune de Chatuzange-le-Goubet entre 1968 et 2015 (source : www.insee.fr).

| Année de recensement | 1968 | 1975 | 1982 | 1990 | 1999 | 2010 | 2015 |
|--------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Population | 1777 | 1875 | 2554 | 3619 | 3975 | 4733 | 5311 |
| Variation d'un recensement à l'autre | - | 6% | 36% | 42% | 10% | 19% | 12% |

La commune est desservie par un réseau routier relativement dense. Elle est traversée au nord par l'autoroute A49 qui relie Grenoble à Valence, ainsi que par la route départementale 532 qui longe l'Isère et traverse Pizançon. Deux routes départementales permettent de relier les bourgs de la commune situés au sud à la plaine de l'Isère : la RD124 passant par Papelissier et la RD149 traversant le Goubet.

II.3. Milieu naturel

La commune de Chatuzange-le-Goubet est légèrement vallonnée au sud et plus fortement à l'est, marquant la fin de la topographie montagneuse du Vercors. Une bonne partie du territoire de la commune présente une topographie relativement plane, correspondant à des terrasses alluviales anciennes de l'Isère. Le reste de la commune, notamment aux abords de l'Isère, est constitué de plaines. Les ruisseaux entaillant les sols dans une vallée bien marquée, drainent les eaux du sud vers le nord en direction de l'Isère qui marque la limite nord de la commune.

Les altitudes varient de 325 mètres dans les zones vallonnées, à 150 mètres en bordure de l'Isère.

La commune de Chatuzange-le-Goubet est principalement occupée par des cultures et des prairies. Des forêts sont présentes à l'est de la commune sur des versants assez raides.

II.4. Contexte géologique

L'intégralité de la commune repose sur des terres sédimentaires (cf. Figure 2).

On trouve deux types de sol différents :

- à l'aval du bassin versant de la Lotte, au niveau du bourg de Chatuzange-le-Goubet ainsi que sur toute la limite entre le bassin versant du Charlieu et le bassin du Rioussat : un substratum constitué par des molasses sableuses dites vindobonniennes, c'est-à-dire déposées durant une période allant de -16 à -7,2 millions d'années (Langhien, Serravalien et Tortoniens) ;
- le reste des sols des bassins versants repose sur ce substratum qui est recouvert par des alluvions fluviales anciennes. Ces alluvions fluviales correspondent à des matériaux

sablo-graveleux déposés par l'Isère au cours du Quaternaire qui formaient des terrasses alluviales aujourd'hui recoupées par l'érosion.



Figure 2: Carte géologique au 1/50000 de Chatuzange-le-Goubet (source : infoterre.brgm.fr)

Ces alluvions ont été datées des épisodes glaciaires du Mindel ou du Riss. Ces phases glaciaires correspondent à des périodes allant respectivement de -680 000 ans à -350 000 ans et de -300 000 ans à -120 000 ans.

Ces alluvions sont des terrains plutôt perméables. Toutefois la couche de terrain superficielle, correspondant aux sols et à l'altération des éléments constitutifs des alluvions anciennes, est plus argileuse et sa perméabilité est plus faible.

II.5. Réseau hydrographique

La majeure partie de la commune de Chatuzange-le-Goubet est drainée en direction de l'Isère (nord) par trois cours d'eau principaux (le Charlieu, la Lotte, le Riousset) trouvant leur origine au pied du Vercors, puis par un réseau de fossés en bordure de champs ou de routes.

On trouve principalement :

- L'Isère : située au nord de la commune, cette rivière collecte l'ensemble des eaux

ruisselant sur le territoire de la commune.

- Le ruisseau du Charlieu : il prend source au pied du Vercors, traverse du sud au nord la commune en passant par le bourg de Chatuzange-le-Goubet, puis Pizançon. Il poursuit ensuite son parcours sur le territoire de Bourg-de-Péage, avant de rejoindre l'Isère à l'ouest du bourg.
- Le ruisseau de la Lotte : petit affluent du Charlieu, il traverse le bourg de Chatuzange-le-Goubet.
- Le ruisseau du Riousset : il prend aussi sa source dans les forêts des contreforts du Vercors, sous le nom de ruisseau des Fleurs. Après la confluence avec le ruisseau d'Ozon, à l'est de la commune, il devient le ruisseau du Riousset. Il traverse la commune sur la partie est, pour se jeter dans l'Isère. Il est très encaissé sur toute sa partie amont, jusqu'à son passage sous l'autoroute A49.
- Le ruisseau de la Limace : affluent principal du Riousset, il prend sa source en dehors de la commune.
- Le ruisseau de la Béaure : il marque la limite communale à l'est avec la commune de Beauregard-Baret. Très encaissé, il serpente dans une zone boisée.
- Le canal de la Bourne : à usage d'irrigation, il traverse la commune d'est en ouest pour irriguer la plaine de Valence. Il peut intercepter une partie des eaux ruisselant directement en amont de son parcours puisqu'il est à ciel ouvert.

II.6. Pluviométrie

Les précipitations jouent un rôle essentiel dans l'apparition et l'évolution des phénomènes naturels. Un poste pluviométrique de Météo France (identifiant 26088001 ; secteur de Pizançon, en bordure de l'Isère) a enregistré les données journalières de précipitation de 1961 à 2002 sur la commune de Chatuzange-le-Goubet.

Ainsi, une analyse statistique des hauteurs de précipitation a été produite permettant d'estimer les lames précipitées en fonction de la période de retour. La synthèse de cette analyse est donnée au Tableau 2.

Tableau 2: Estimation des lames précipitées en 24 heures pour diverses périodes de retour pour le poste Météo France de Chatuzange-le-Goubet (identifiant 26088001 ; période 1961-2002 ; pas de temps journalier)

| Période de retour (an) | Hauteur estimée (mm) | Intervalle de confiance à 70 % | |
|---------------------------|-------------------------|--------------------------------|-------|
| | | (mm) | (mm) |
| 5 | 79,3 | 74,4 | 84,3 |
| 10 | 93,2 | 85,6 | 100,7 |
| 20 | 107,8 | 95,9 | 119,7 |
| 30 | 117,0 | 101,6 | 132,3 |
| 50 | 129,2 | 108,4 | 149,9 |
| 100 | 147,0 | 116,8 | 177,2 |

III. Les phénomènes naturels étudiés

III.1. Définition des phénomènes étudiés

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.).

Parmi les divers phénomènes naturels susceptibles d'affecter le territoire communal de Chatuzange-le-Goubet, seuls le ravinement et ruissellement sur versant ainsi que l'accumulation des eaux de ruissellement ont été étudiés dans le cadre de cette mission.

Tableau 3: Définition des phénomènes naturels étudiés

| Phénomène | Symbole | Définition |
|---|---------|--|
| Ravinement Ruissellement sur versant | V | Divagation des eaux météoriques en dehors du réseau hydrographique suite à de fortes précipitations. Ce phénomène peut provoquer l'apparition d'érosions localisées (ravinement). |
| Accumulation des eaux de ruissellement | Va | Submersion par accumulation et stagnation d'eau sans apport de matériaux solides dans une dépression du terrain ou à l'amont d'un obstacle. L'eau provient d'un ruissellement sur versant. |

III.2. Contenu et forme de la carte des aléas

La carte d'aléa a été établie sur fond cadastral au 1 / 5 000 complété par des courbes de niveaux.

Les phases techniques font appel à d'autres données cartographiques (modèles numérique de terrain, orthophotoplans, etc.) qui ne sont pas strictement compatibles avec le fond cadastral.

IV. Les aléas

IV.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 définies**. Pour chacun des phénomènes rencontrés, différents niveaux d'aléas sont définis en fonction de l'intensité et de la probabilité d'occurrence pour un ou plusieurs scénarios de référence.

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 se base sur les principes de caractérisation des différents aléas définis dans la suite de ce document.

IV.2. Notion d'intensité et de probabilité d'occurrence

L'intensité d'un phénomène peut être appréciée de manière variable en fonction de la nature même du phénomène : hauteur et vitesse de l'écoulement pour le ruissellement sur versant, hauteur de submersion pour les zones d'accumulation des eaux de ruissellement.

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. Un événement de période de retour centennale se produit en moyenne une fois par siècle, si l'on considère une période suffisamment longue (un déca-millénaire par exemple) ; cela ne signifie pas que cet événement se reproduit périodiquement tous les cent ans, mais simplement qu'il s'est produit environ cent fois en dix mille ans, ou qu'il a une chance sur cent de se produire chaque année.

IV.3. Phénomène de référence

Par analogie avec les autres phénomènes et conformément aux directives nationales, le scénario de référence correspond au plus fort phénomène historique connu, si sa période de retour est au moins centennale. Du fait de la nature même des phénomènes étudiés, il n'existe de mesure de débit (ou de hauteur d'écoulement) et seules les précipitations permettent de caractériser un épisode de ruissellement ou d'accumulation des eaux de ruissellement.

En l'absence de phénomène historique suffisamment documenté, **le scénario de référence est défini à partir de précipitations centennales estimées**. De multiples scénarios de référence peuvent être proposés pour la période de retour centennale, en fonction des caractéristiques de pluies (durée, intensité, etc.) et éventuellement de facteurs annexes (sols gelés, présence de neige au sol, sols saturés ou non, etc.).

V. Qualification et cartographie des aléas

Pour chaque phénomène étudié, les sections V.1 à V.4 proposent une définition du phénomène, une description de sa dynamique et de son historique sur la commune, la méthodologie de qualification de l'aléa, sa mise en œuvre et la cartographie de l'aléa sur la commune.

V.1. L'aléa ravinement et ruissellement sur versant

V.1.1. Définition du phénomène

Le ruissellement sur versant est la conséquence de la divagation des eaux de pluie ou de fonte de neige (eaux météoriques) en dehors du réseau hydrographique. Ces phénomènes surviennent à la suite de fortes précipitations. Ils se traduisent par des écoulements diffus ou concentrés (notamment dans les combes et talwegs habituellement secs ainsi que sur les routes et les chemins) et des accumulations d'eau dans les dépressions ou à l'arrière d'obstacles (remblais routiers, murs, etc.).

Le ruissellement peut provoquer l'apparition d'érosions localisées, d'ampleur très variable (arrachement de quelques centimètres ou décimètres de terres arables mais parfois destruction des routes revêtues et affouillements de plusieurs mètres de profondeur). Les matériaux ainsi prélevés sont entraînés par les eaux et redéposés, causant ainsi d'autres dommages. Ce phénomène de ruissellement accompagné d'érosion et de transport de matériaux prend le nom de ravinement.

V.1.2. Principes de qualification de l'aléa

L'aléa de ruissellement et ravinement est qualifié à partir des caractéristiques des écoulements pour un scénario de référence défini principalement par les précipitations qui génèrent le

phénomène.

V.1.2.1. Phénomène de référence

Par analogie avec les autres phénomènes et conformément aux directives nationales, le scénario de référence correspond au plus fort phénomène historique connu. Du fait de la nature même du phénomène, on ne dispose pas de mesure de débit (ou de hauteur d'écoulement) et seules les précipitations permettent de caractériser un épisode de ruissellement.

En l'absence de phénomène historique, **le scénario de référence est défini à partir de précipitations centennales estimées**. De multiples scénarios de référence peuvent être proposés pour la période de retour centennale, en fonction des caractéristiques de pluies (durée, intensité, etc.) et éventuellement de facteurs annexes (sols gelés, présence de neige au sol, sols saturés ou non, etc.).

V.1.2.2. Critères généraux de qualification de l'aléa

Les caractéristiques des écoulements sont appréciées au travers des hauteurs d'eau et des vitesses d'écoulement. Un tableau de détermination de l'aléa en fonction de ces deux paramètres a été proposé par le bureau d'études Alp'Géorisques. Cette grille a été approuvée par notre interlocuteur de la Direction Départementale des Territoires de la Drôme (DDT 26)¹.

Tableau 4: Définition de l'aléa de ravinement et ruissellement sur versant en fonction des caractéristiques des écoulements

| Hauteur (m) | Vitesse (m/s) | 0,2 à 0,5 | 0,5 à 1,0 | > 1,0 |
|-------------|---------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | 0 à 0,2 | | Faible V1 | Faible V1 |
| 0,2 à 0,5 | | Faible V1 | Moyen V2 | Moyen V2 |
| 0,5 à 1,0 | | Moyen V2 | Fort V3 | Fort V3 |
| > 1,0 | | Fort V3 | Fort V3 | Fort V3 |

Les hauteurs d'eau et les vitesses d'écoulement peuvent être déterminées par une modélisation hydraulique adaptée ou à dire d'expert. Les phénomènes historiques peuvent fournir des indications utiles pour l'évaluation des paramètres hauteur et vitesse d'écoulement.

Toutefois, le ruissellement et le ravinement sont des phénomènes complexes qui échappent pour partie à une analyse fondée exclusivement sur l'évaluation des conditions d'écoulements. Pour pallier cette difficulté, des critères complémentaires sont utilisés. Ces critères permettent une prise en compte qualitative des effets de la concentration des écoulements, des ruissellements diffus et des spécificités du transport solide qui accompagne le ravinement.

V.1.2.3. Axes d'écoulement

Dans les zones où les écoulements se concentrent, les effets du ruissellement et du ravinement

¹ Mail de M. Philippe DAYER (DDT26/SATR/PR) à Stéphane PUGIN (Alp'Géorisques) en date du 17/09/2018.

sont particulièrement intenses et les écoulements peuvent entraîner des flottants (débris divers, véhicules, etc.). Les affouillements peuvent être importants. L'estimation des hauteurs et des vitesses d'écoulement est donc encore plus complexe dans ces zones.

V.1.2.4. Ruissellement diffus

Lors de fortes précipitations, des ruissellements diffus peuvent se produire sur l'ensemble du territoire. Les hauteurs d'eau sont généralement faibles (centimétriques) et les vitesses très variables en fonction de la pente. De multiples facteurs aléatoires peuvent perturber ces ruissellements et faire varier leur extension durant le phénomène de référence. Ce phénomène n'est pas cartographié.

V.1.2.5. Spécificités du ravinement

L'érosion qui peut accompagner le ruissellement et le transport de matériaux ou de flottants par les eaux peuvent conduire à des variations aléatoires des directions d'écoulements, des hauteurs et des vitesses. Des dépôts de matériaux peuvent, par exemple obstruer des axes d'écoulement et provoquer des changements de direction et des affouillements localisés peuvent provoquer la destruction de murs ou de murettes qui constituaient des obstacles au ruissellement.

Quel que soit le mode de détermination de l'aléa selon les définitions reposant sur les hauteurs et vitesses d'écoulement, une analyse qualitative peut conduire à augmenter le niveau d'aléa ou à modifier l'emprise des zones exposées pour tenir compte des spécificités du ravinement.

V.1.3. Qualification de l'aléa

Il n'existe pas de phénomène historique documenté permettant de caractériser le phénomène de référence. Un phénomène centennal théorique sera donc utilisé comme phénomène de référence pour la qualification de l'aléa de ruissellement et de ravinement.

L'importance d'un épisode de ruissellement dépend de multiples facteurs (précipitations, état initial des sols, extensions des zones touchées, etc.). La période de retour réelle d'un épisode de ruissellement est donc très complexe à estimer. **On admet donc que la période de retour de l'épisode de ruissellement est identique à la période de retour des précipitations associées.**

Le phénomène de référence a été étudié à partir d'une modélisation bidimensionnelle des écoulements pour les secteurs à plus fort enjeux (section V.1.3.1), alors que pour le restant du territoire une analyse de la morphologique (MNT) a été réalisée pour qualifier l'aléa (section V.1.3.2).

V.1.3.1. Secteurs à plus forts enjeux

Les secteurs de Pizançon et de Chatuzange (côté est de la route départementale RD149 ; côté ouest de la RD149) ont été identifiés comme présentant de forts enjeux du fait de leur urbanisation importante (Figure 3). La zone délimitée par les lieux-dits « les Barres » et « le Tremolet » au nord, « Beaulieu » et « les Petits Aillers » au sud, a également été considérée comme prioritaire du fait d'un ruissellement probable sur une large étendue et la présence de nombreux bâtiments agricoles (Figure 3).

Chatuzange-le-Goubet (26) - Cartographie de l'aléa ruissellement

Localisation des zones à plus fort enjeux (modélisation hydraulique bidimensionnelle)

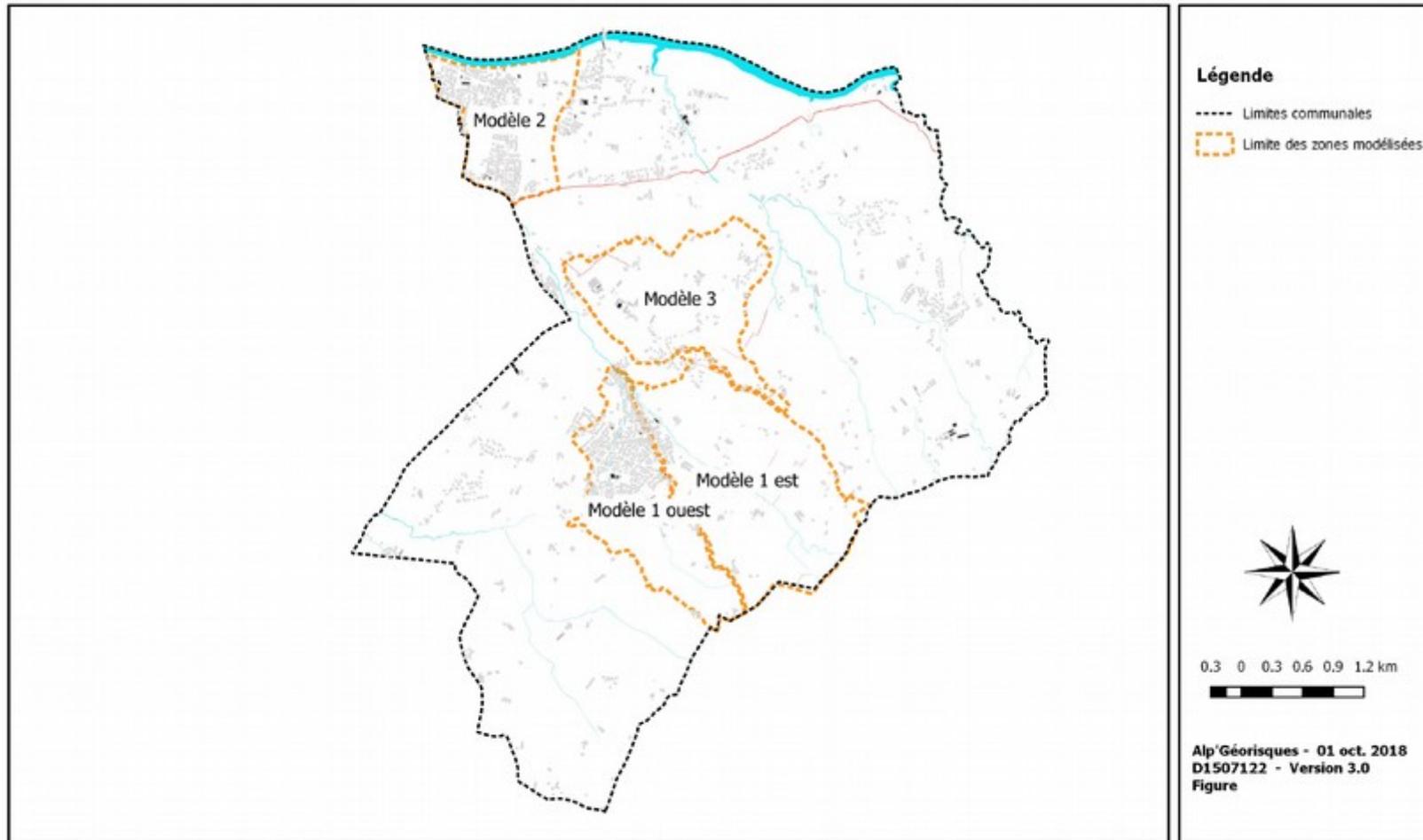


Figure 3: Localisation des zones à plus fort enjeux (modélisation hydraulique bidimensionnelle)

De ce fait, la qualification des aléas de ces secteurs se base sur des critères numériques, que sont la hauteur et la vitesse des écoulements, calculés par une modélisation couplée hydrologie-hydraulique.

Pour réaliser cette dernière, une pluie de période de retour centennale est définie, dont seulement une partie participera au ruissellement de surface (calcul effectué selon une méthode hydrologique). Cette portion de pluie sera ensuite acheminée vers l'aval en fonction de la topographie fournie au modèle et selon les lois de l'hydraulique. Ces calculs produiront des séries de hauteur et de vitesse des écoulements en tout point de la zone modélisée. En prenant la valeur maximale de ces paramètres, et selon la grille donnée au Tableau 4, l'aléa ruissellement pourra être établi en tout point. Une description plus détaillée de cette modélisation est disponible à l'annexe I.

Les résultats de modélisation permettent de qualifier l'aléa brut sur la zone modélisée (extension spatiale, intensité). Cet aléa doit encore subir une interprétation et une validation de terrain avant d'être cartographié (section V.1.3.3).

V.1.3.2. Secteurs à plus faibles enjeux

Les secteurs à plus faibles enjeux concernent les zones non traitées par modélisation numérique (Figure 3). Ils regroupent principalement les zones agricoles et naturelles, ainsi que les zones présentant un habitat dispersé.

L'aléa de ces secteurs, localisation et intensité, est défini à l'aide de relations établies entre les aléas obtenus par modélisation et divers traitements numériques du MNT. Ces traitements numériques permettent l'identification des axes probables d'écoulement, ainsi que la convergence du terrain augmentant l'intensité de ces derniers. La méthodologie utilisée pour établir ces relations est décrite à l'annexe II.

V.1.3.3. Interprétation des résultats

L'interprétation porte notamment sur l'emprise des zones soumise à l'aléa, par exemple en ne laissant pas d'îlot sur la cartographie (zone de petite taille totalement entourée par un aléa).

La source de l'aléa doit être identifiée pour que ce dernier puisse être considéré comme étant d'origine naturelle. Ainsi dans les zones urbanisées, le ruissellement généré par les surfaces imperméabilisées n'est pas considéré comme un aléa. Il doit être géré au titre de l'assainissement pluvial urbain. Seul le ruissellement dont la source est située à l'extérieur des zones bâties est qualifié d'aléa « ruissellement » dans la présente étude.

V.1.3.4. Commentaires et validation de terrain

Des commentaires ont été transmis par les représentants de la commune de Chatuzange-le-Goubet² sur la première révision de la cartographie des aléas.

Ces commentaires ont été analysés, puis ont fait l'objet d'une validation de terrain lorsque cela était possible (validation réalisée le 25/09/2018 par Stéphane PUGIN, chargé d'études à Alp'Géorisques). Les adaptations nécessaires ont été intégrées aux révisions suivantes de la cartographie.

² Mail de M. Bruno PEUDEVIN (directeur des Services Techniques, mairie de Chatuzange) à Stéphane PUGIN (Alp'Géorisques) en date du 21/09/2018.

V.2. L'aléa accumulation des eaux de ruissellement

V.2.1. Définition du phénomène

L'aléa accumulation des eaux de ruissellement est défini comme étant la submersion par accumulation et stagnation d'eau sans apport de matériaux solides dans une dépression du terrain ou à l'amont d'un obstacle. L'eau provient d'un ruissellement sur versant ou d'une remontée de nappe.

V.2.2. Principes de qualification de l'aléa

L'aléa d'accumulation des eaux de ruissellement est qualifié à partir des caractéristiques des accumulations en eau induites par des écoulements de surface (ruissellement) pour un scénario de référence. Ces écoulements sont donc définis principalement par les précipitations.

Les caractéristiques de ces accumulations sont appréciées principalement en termes de hauteur d'eau. Un tableau de détermination de l'aléa en fonction de ces deux paramètres a été défini par le bureau d'étude Alp'Géorisques. Ce tableau a été approuvé par notre interlocuteur à la DDT 26.

Tableau 5: Définition de l'aléa d'accumulation des eaux de ruissellement en fonction de la hauteur d'accumulation en eau

| Hauteur de submersion (m) | Aléa |
|---------------------------|----------------------|
| < 0,5 | Faible V1a |
| 0,5 à 1,0 | Moyen V2a |
| > 1,0 | Fort V3a |

Les hauteurs d'eau peuvent être déterminées par une modélisation hydraulique adaptée ou à dire d'expert basé sur le MNT de la commune. Les phénomènes historiques peuvent fournir des indications utiles pour l'évaluation du paramètre hauteur d'accumulation.

Concernant l'aléa V1a lorsque des résultats de modélisation hydraulique sont exploités, une condition supplémentaire est imposée sur une vitesse d'écoulement inférieure à 0,1 m/s. Cette contrainte a montré une bonne concordance entre la fin de la zone d'aléa ruissellement et le début de la zone d'accumulation, permettant une transition plus harmonieuse entre ces aléas.

V.2.3. Qualification de l'aléa

Il n'existe pas de phénomène historique documenté permettant de constituer le phénomène de référence. Un phénomène centennal théorique sera donc utilisé comme phénomène de référence pour la qualification de l'aléa accumulation des eaux de ruissellement.

L'importance d'un épisode d'accumulation dépend de multiples facteurs, rendant très difficile l'estimation de la période de retour d'un tel épisode. **On admettra donc que la période de retour de l'épisode d'accumulation des eaux de ruissellement est identique à la période de retour des précipitations associées.**

Le phénomène de référence a été étudié à partir d'une modélisation bidimensionnelle des écoulements pour les secteurs à plus fort enjeux (section V.1.3.1), alors que pour le restant du territoire une analyse de la topographie (MNT) a été réalisée pour qualifier l'aléa (section V.1.3.2).

De manière identique à l'aléa ravinement et ruissellement sur versant, le territoire de la commune a été divisé en secteurs à plus fort et plus faible enjeux, avec une approche différente de qualification de l'aléa (cf. section V.1.3.1 et V.1.3.2) : les données de modélisation hydraulique ont été exploitées ou alors le traitement du MNT a laissé apparaître des zones ayant une densité élevée d'axes d'écoulement, parallèles entre eux, traduisant une baisse des vitesses d'écoulement et un stagnation du ruissellement (cf : annexe II).

L'aléa brut ainsi calculé a ensuite été interprété et au besoin fait l'objet d'une validation de terrain.

V.3. Prise en compte des ouvrages de protection (murs, murets, merlon, fossé, etc.)

La carte des aléas est établie, sauf exception dûment justifiée, en ne tenant pas compte d'éventuels dispositifs de protection. Cette approche de l'aléa correspond à la doctrine nationale actuellement prônée par le Ministère de la Transition Écologique et Solidaire.

Certains aménagements structurants (remblais autoroutier, digues des aménagements hydroélectriques, etc.) ont de fait un rôle de protection pour certaines zones. Ces aménagements sont pris en compte comme des éléments topographiques et peuvent donc influencer sur l'aléa.

V.4. Représentation cartographique des aléas

V.4.1. Échelle et précision de la cartographie

La carte des aléas, établie sur fond cadastral au 1 / 5 000, présente un zonage des aléas étudiés. La précision du zonage est, au mieux, celle des fonds cartographiques utilisés comme support ; la représentation est pour partie symbolique.

V.4.2. Mode de représentation des aléas

La représentation utilisée repose sur le principe suivant :

- Chaque type de phénomène naturel est représenté par une teinte ;
- Chaque degré d'aléa est représenté par une saturation de la teinte (saturation croissante avec le degré d'aléa).

Les zones homogènes du point de vue de l'aléa sont, en outre, identifiées par un indice alphanumérique composé du code du phénomène et du degré d'aléa.

La cartographie de plusieurs aléas correspondant à plusieurs phénomènes et à plusieurs degrés sur une même zone implique des simplifications. Les conventions retenues sont les suivantes :

- Dans une zone où plusieurs aléas de degrés différents se superposent, l'aléa représenté est toujours l'aléa de degré le plus élevé ;
- Dans une zone où plusieurs aléas de même degré se superposent, l'aléa représenté est choisi selon un ordre de priorité entre les phénomènes. Pour les cartes produites, les aléas sont représentés par l'ordre décroissant suivant : inondation, ruissellement, accumulation des eaux de ruissellement.

Les zones homogènes du point de vue de l'aléa sont, en outre, identifiées par un indice alphanumérique composé du code du phénomène et du degré d'aléa. Dans le cas de superposition de plusieurs aléas, l'indice correspond à la concaténation des indices de chacun des aléas superposés, dans l'ordre de priorité décroissante.

V.5. Éléments cartographiés

Sur les deux cartes composant le livrable de cette mission, les principaux éléments ci-après sont cartographiés.

V.5.1. Aléas « ravinement et ruissellement sur versant » et « accumulation des eaux de ruissellement »

L'identification et la catégorisation de ces aléas font partie de la présente mission.

Pour rappel, ils sont déterminés sur la base d'une pluie de période de retour 100 ans et ont pour origine une cause naturelle.

V.5.2. Aléa « ruissellement sur voirie »

Les voiries pouvant être empruntées par des ruissellements significatifs, elles sont identifiées par un aléa spécifique (V1v, V2v, V3v), si la zone de production du ruissellement se situe en dehors de zones urbanisées.

Elles sont accompagnées d'une zone périphérique standard, non matérialisée sur la carte. Dans cette zone périphérique, l'attention est attirée sur la possibilité de dispersion aléatoire des écoulements et des mesures de réduction de la vulnérabilité peuvent être préconisées. Un schéma de voirie est donné à la Figure 4.

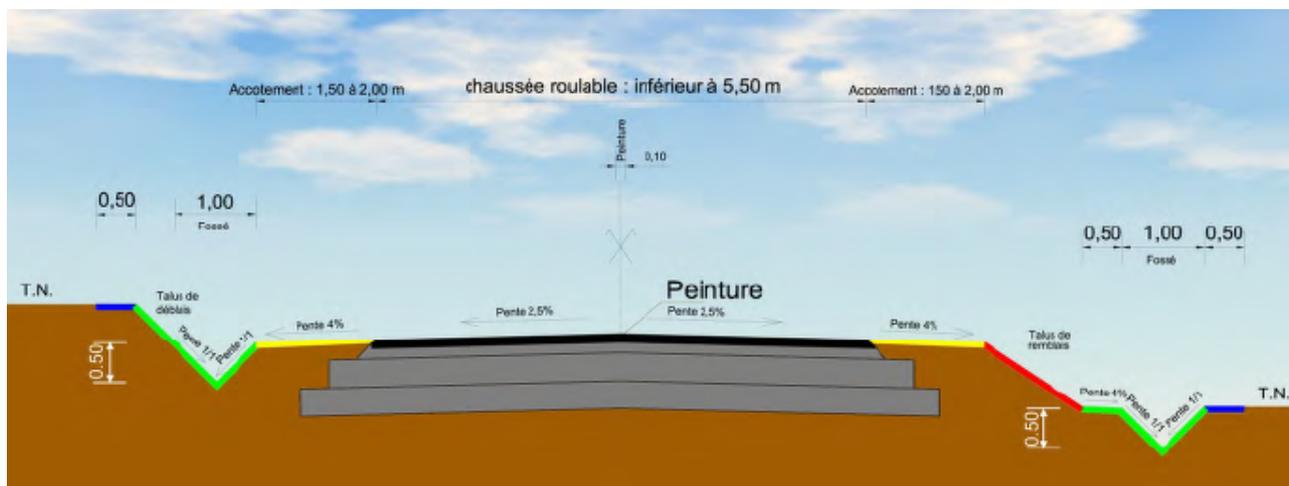


Figure 4: Schéma de principe d'une voirie avec fossé (source : Règlement de la voirie départementale de l'Oise)

Quand on parle de voirie, on entend l'emprise de roulement des véhicules mais également le ou les fossés en limite de la chaussée. Si le fossé est environ à la même hauteur que cette dernière (Figure 4, fossé de gauche), alors la voirie et le fossé sont englobés dans l'aléa V1v par exemple. Par contre, dans le cas du fossé en limite droite de la chaussée, seul son axe serait cartographié avec un aléa V1e par exemple, puisqu'il est peu probable qu'il puisse déborder sur la chaussée.

V.5.3. Aléa « axe d'écoulement »

Un aléa fort V3e (« e » pour écoulement) a été attribué par défaut aux axes d'écoulement répertoriés comme « non cours d'eau », permettant de les distinguer des autres zones d'aléa fort (cf. section V.5.6.3).

Sur le terrain, ces axes prennent la forme de fossés, caniveaux, etc. (hors fossés intégrés aux voiries)

Du fait de leur rôle majeur dans la dynamique des écoulements, ces axes doivent être préservés de toute modification pouvant conduire à un détérioration des conditions d'écoulement (diminution de leur emprise, busage inadapté, envahissement par la végétation, etc.).

V.5.4. Zone urbaine de production du ruissellement

Une interprétation des résultats de modélisation a été nécessaire pour distinguer la production de ruissellement due à la forte imperméabilisation des sols en milieu urbain, de celle induite par l'occupation du sol et sa topographie en milieu non anthropisé.

La production urbaine de ruissellement n'étant pas d'origine naturelle, ce ruissellement n'est pas considéré comme aléa même s'il répond aux critères numériques définis au Tableau 4.

Néanmoins, les zones les plus sujettes à un tel phénomène sont indiquées, à titre indicatif, en hachuré sur les cartes. Notons que la localisation, l'extension et l'intensité de ce phénomène dépend fortement du réseau de collecte et d'évacuation des eaux pluviales existant et de sa capacité.

V.5.5. Zones de vigilance

La mise en œuvre d'une modélisation 2D, qui intègre en tout point à la fois la propagation des écoulements de surface et la production de ruissellement par les précipitations, implique l'identification de zones d'accumulation correspondant au remplissage de dépressions naturelles ou artificielles.

Les dépressions artificielles peuvent correspondre à des remblais divers mais aussi aux casiers déterminés par les murettes, bordures diverses, etc. qui divisent les zones urbanisées et qui sont intégrés au MNT utilisé.

Lorsque l'accumulation traduit exclusivement les eaux produites par les précipitations sur la zone considérée (pas d'alimentation par des ruissellements exogènes) et que les hauteurs d'eau estimées sont insuffisantes pour initier un ruissellement, une zone de vigilance a été affichée plutôt qu'une zone d'aléa d'accumulation.

V.5.6. Informations complémentaires

V.5.6.1. Aléa « inondation de plaine »

Diverses études portant sur l'aléa « inondation de plaine » ont été réalisées pour les cours d'eau parcourant le territoire communal de Chatuzange-le-Goubet. Les études de Alp'Géorisques sont :

- Alp'Géorisques (2012). Cartographie de l'aléa inondation par le ruisseau de la Lotte dans sa partie couverte au droit de la RD 449 sur la commune de Chatuzange-le-Goubet. Référence 1204971. 13/04/2012
La Lotte a été cartographié sur environ 930 mètres entre les lieux-dits Dessous le Village et et le Goubet dans le bourg de Chatuzange.
- Alp'Géorisques (2012). Étude hydraulique du ruisseau du Charlieu au droit du lotissement du Charlieu sur la commune de Chatuzange-le-Goubet. Référence 1204972. 13/04/2012
Le tronçon cartographié concerne environ 510 mètres du Charlieu entre les lieux-dits Le Goubet et Charlieu.
- Alp'Géorisques (2012). Qualification de l'aléa hydraulique du Charlieu au droit des ETS VILLAVERDE par modélisation bidimensionnelle. Référence 1206980. 5/06/2012
La zone cartographiée porte sur le Charlieu, sur un linéaire d'environ 630 mètres immédiatement en aval du canal de la Bourne.
- Alp'Géorisques (2016). Études hydrauliques ponctuelles pour la requalification de la marge de recul en bordure des cours d'eau. Référence 16121237. 20/06/2016
Les zones cartographiées par cette étude concernent des zones ponctuelles se trouvant sur les cours d'eau de la Lotte, du Charlieu et du Riousset.
- Egis Eau (2014). Études hydrauliques d'aléas du Charlieu et de la Lotte.
Étude non consultée.
- Géo+ (2011). Etude de l'aléa inondation du cours d'eau du Charlieu. Commune de Bourg-de-Péage (26). Référence 11071601. Novembre 2011.
La zone cartographiée et transmise par la DDT 26, concerne uniquement le Charlieu, entre les lieux-dits la Part-Dieu et le Goubet (environ 1 300 mètres) et entre Charlieu et Tremolet

(environ 2 100 mètres).

Alp'Géorisques a demandé à la DDT 26 les données cartographique de cet aléa, qui lui ont été transmises au début octobre 2018³.

Des différences dans l'emprise globale de cet aléa ont été identifiées entre les données fournies par la DDT 26 et celles issues des études réalisées par Alp'Géorisques, notamment pour la Lotte dans sa traversée du bourg de Chatuzange.

Ces différences concernent des éléments repris ici uniquement pour faciliter l'exploitation de la carte d'aléa en matérialisant l'existence d'aléas liés aux débordements des cours d'eau . Elles ne seront donc pas analysées ici.

En conséquence, les emprises d'inondation des cours d'eau portées sur la carte données transmises par la DDT 26 et utilisées par les services de l'État. Elles pourraient ne pas être exhaustives si on considère l'ensemble des études réalisées et sont donc fournies à titre informatif.

V.5.6.2. Bâtiments cadastrés

La couche numérique 2017 des bâtiments cadastrés a été fournie par Valence Romans Agglomération fin août 2017⁴. Cette couche ne traduit pas fidèlement la situation actuelle (octobre 2018) du fait de l'urbanisation rapide de certains secteurs.

Néanmoins, les ajustements nécessaires et signalés par les représentants de Chatuzange-le-Goubet ont été pris en compte dans la cartographie si nécessaire.

V.5.6.3. Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique figurant sur les cartes provient de deux sources : la base de données de la commune de Chatuzange et la base de données des cours d'eau de la Drôme au titre de la police de l'eau.

Les données de la commune ont été complétées principalement par rapport à la nature du réseau hydrographique à savoir les « cours d'eau » au sens de la Police de l'eau, les « cours d'eau par défaut » (statut à confirmer) et les écoulements n'étant pas des cours d'eau et qualifiés de « non cours d'eau ». Ces derniers correspondent en général à des fossés agricoles, des caniveaux, etc.

Les écoulements non répertoriés dans la base de données des cours d'eau de la Drôme ont été systématiquement identifiés comme « non cours d'eau ».

Rappelons qu'un aléa fort V3e (« e » pour écoulement) a été attribué aux « non cours d'eau », permettant de les distinguer des autres zones d'aléa fort.

V.5.6.4. Bassins et étangs

Divers bassins de rétention et d'infiltration (ouvrages routiers ou autoroutiers, gestion des eaux pluviales des zones récemment urbanisées, etc.), de même que des étangs, sont présents sur le territoire communal.

3 Mail de M. Pascal DUMOURIER (DDT26/ SATR/PR) à Stéphane PUGIN (Alp'Géorisques) daté du 02/10/2018.

4 Mail de M. Roland ESSON (Valence Romans Agglomération / DSI - Pole Applications Métiers et SIG) à Stéphane PUGIN (Alp'Géorisques) en date du 31/08/2018.

Lors de l'analyse du MNT, des orthophotographies ou durant les visites et validations de terrain, un certain nombre de ces ouvrages a été identifié.

Ces derniers sont donc représentés sur les cartes annexées au rapport, mais ne constituent pas un recensement exhaustif.

VI. Intégration de l'aléa de ruissellement dans le PLU

En l'absence de PPRN, la définition de la constructibilité ou de l'inconstructibilité d'un terrain du fait de la prise en compte des risques naturels est de la responsabilité de la commune et de son conseiller en urbanisme, qui doivent intégrer les orientations définies par les services de l'État en charge de la gestion des risques (DDT 26).

Nous proposons des principes et des éléments techniques qui ont pour but de faciliter la prise en compte de l'aléa dans le PLU, mais ne sauraient constituer des bases réglementaires pouvant être directement intégrés au règlement du PLU.

Nous rappelons ici les principes généraux pour la prise en compte de l'aléa de ruissellement dans les PLU, indépendamment des règles définies par les services de l'État ou les collectivités compétents.

- Dans les zones naturelles ou agricoles, toutes les zones exposées à un aléa ont vocation à être inconstructibles, quel que soit le degré d'aléa.
- Dans les zones urbanisées, les zones exposées à un aléa fort ou moyen ont vocation à être inconstructibles et les zones exposées à un aléa faible ont vocation à être constructibles sous réserves du respect d'une réglementation spécifique.

Remarque. Conformément à l'approche retenue en matière de risque, les zones urbanisées prises en considération ici sont les zones sur lesquelles des bâtiments sont déjà présents, et non pas les zones urbanisées (U) ou urbanisables (AU) définies par le PLU.

- Les axes d'écoulements doivent être préservés autant que possible soit en évitant toute implantation de construction ou d'aménagement divers soit en adaptant les projets (implantation, création de noues, etc.).
- Toutes les constructions, extensions ou aménagements autorisés doivent être conçus et réalisés de manière à ne pas aggraver l'aléa sur les zones avoisinantes.

Le règlement du PLU précise quelles constructions, extensions, aménagements, etc. sont interdits ou autorisés dans chaque zone.

VI.1. Mesures techniques de réduction de la vulnérabilité

Le règlement du PLU prévoit des dispositions conformes à la doctrine des services de l'État dans le département de la Drôme. Cette doctrine prévoit notamment :

- Une interdiction des constructions nouvelles et une limitation stricte des extensions du bâti existant en dehors des zones urbanisées, quels que soient la nature et le degré de l'aléa (V, Va, Ve, Vv).
- Une interdiction des constructions nouvelles et une limitation stricte des extensions du bâti existant dans les zones urbanisées exposées à un aléa moyen ou fort de ruissellement (V), de ruissellement sur voirie (Vv) ou d'accumulation (Va) et dans les zones d'écoulement (Ve).
- Une surélévation de 0,70 m pour les constructions autorisées ou pour les extensions autorisées du bâti existant en zone d'aléa faible (0,50 m pour la prise en compte de la hauteur d'eau maximale théorique en zone d'aléa faible, augmenté de 0,20 m de marge de sécurité).

Des dispositions complémentaires peuvent être recommandées pour réduire la vulnérabilité des constructions nouvelles ou existantes et réduire le risque pour les personnes. Ces dispositions sont présentées dans les tableaux suivants, qui concernent les projets nouveaux (Tableau 6), le bâti existants (Tableau 7) et les infrastructures (Tableau 8).

A ce stade, ces mesures sont bien des recommandations ; elles pourraient être intégrées dans le règlement du PLU si le maître d'ouvrage le souhaite, sous la forme de recommandations ou d'interdictions.

Si cette dernière option est retenue, il faudra être très vigilant à ce qu'elle n'empêche pas la réalisation de projets : par exemple si un certain nombre de places de stationnement est imposé dans le règlement du PLU, et que la seule possibilité est de les réaliser en souterrain, une interdiction de garages en sous-sol ferait avorter le projet. Des solutions constructives préventives, comme proposées à la section VI.2, pourraient être une alternative aux interdictions tout en alertant les promoteurs de projet de l'occurrence possible de désordres liés au ruissellement.

Tableau 6: Mesures de réduction de la vulnérabilité au ruissellement des constructions nouvelles.

| Type de mesure | Mesures proposées |
|----------------------------|--|
| Dispositions constructives | Implanter la construction de manière à limiter son incidence sur les écoulements naturels. |
| Dispositions constructives | Modelage du terrain pour éloigner les ruissellements de la construction en perturbant le moins possible les écoulements vers les zones avoisinantes. |
| Urbanisme | Éviter la création de sous-sol ou de niveau semi-enterrés. |
| Urbanisme | Éviter tout décaissement conduisant à placer la construction en contrebas d'un axe de ruissellement ou à favoriser l'accumulation des ruissellements autour de la construction. |
| Urbanisme | Surélever le premier niveau de 0,20 m par rapport au terrain fini. |
| Urbanisme | Positionnement des ouvertures basses (portes, portes-fenêtres, portes de garages, etc.) sur les façades non exposées directement (façades opposée à la direction d'écoulement ou façade latérale). |

Tableau 7: Mesures de réduction de la vulnérabilité au ruissellement des constructions existantes.

| Type de mesure | Mesures proposées |
|----------------------------|--|
| Dispositions constructives | Protection des ouvertures des façades directement exposées (façade faisant face à la direction d'écoulement) et des façades latérales par des ouvrages déflecteurs (muret, butte, terrasse, etc.). La déviation des eaux de ruissellement ne doit pas induire ou aggraver l'aléa sur les zones avoisinantes. À défaut, organiser la mise en place de batardeaux. |
| Dispositions constructives | Remodelage du terrain pour éloigner les ruissellements de la construction en perturbant le moins possible les écoulements vers les zones avoisinantes. |
| Dispositions constructives | Positionnement hors d'eau des infrastructures et postes techniques sensibles (électricité, gaz, eau, chaufferie, téléphone, etc.). |

Tableau 8: Mesures de réduction de la vulnérabilité au ruissellement des infrastructures.

| Type de mesure | Mesures proposées |
|--------------------------|---|
| Entretien | Entretien des fossés et canaux, des ouvrages de franchissement et des sections busées. |
| Travaux d'infrastructure | Adaptation des réseaux d'assainissements (mise en place de clapets anti-retours, verrouillage de regards, etc.). |
| Travaux d'infrastructure | Mise en place d'ouvrages assurant la transparence hydraulique des remblais routiers ou autres pour éviter les zones d'accumulation pouvant concerner des enjeux. Le maintien voire la création de zones d'accumulation dans des zones sans enjeux peut en revanche limiter les ruissellements en aval et constituer un dispositif de protection. |
| Gestion | Signalisation sur les voiries exposées aux ruissellements. |

VI.2. Mesures relatives au ruissellement sur voirie

Les voiries exposées à un aléa de ruissellement sur voirie (V1v, V2v, V3v) ont vocation à rester – du fait de leur nature même – inconstructibles. Elles constituent des axes de ruissellement privilégiés pouvant collecter et diriger les eaux vers des zones vulnérables.

Il convient de souligner que les vitesses d'écoulement sont souvent assez fortes sur la voirie du fait de la faible rugosité des revêtements routiers. Les écoulements peuvent être contenus par les trottoirs, les murettes ou les levées de terres qui bordent souvent les voiries. Cependant, les eaux de ruissellement peuvent se disperser de manière difficilement prévisible et évolutive du fait de modifications des aménagements (création d'entrée, modification de la chaussée, etc.).

Nous recommandons d'adapter les ouvrages de gestion des eaux pluviales de voirie aux apports liés au ruissellement et de vérifier que les points de rejets des eaux collectés ne peuvent induire de ruissellement affectant des zones vulnérables, y compris pour des débits supérieurs aux débits de dimensionnement du réseau.

Nous proposons de recommander plusieurs mesures pour toutes les constructions nouvelles ou existantes situées à moins de **20 m** de la limite de la zone d'aléa. Elles se déclinent de la manière suivante :

- Mesures recommandées pour les constructions nouvelles
 - o pas de niveau au-dessous du niveau de la voirie ;
 - o surélever les niveaux habitables de 0,20 m par rapport au niveau de la voirie au droit du projet ou au terrain fini (on retiendra la hauteur la plus haute).
- Mesures recommandées pour les constructions existantes
 - o Mettre en place des dispositifs limitant la pénétration de l'eau vers les entrées (dos d'âne, collecteur, batardeaux, etc.) ;
 - o Surélever les extensions éventuelles de 0,20 m par rapport au niveau de la voirie au droit du projet.

La Figure 5 illustre ces mesures pour les habitations individuelles, alors de la Figure 6 schématise des aménagements préventifs pour un immeuble collectif.

VI.3. Mesures de prévention

Les mesures destinées à limiter l'importance du ruissellement sont vivement recommandées. Il s'agit notamment des mesures suivantes :

- mesures de réduction de l'imperméabilisation des sols (revêtements poreux, toitures végétalisées, limitation des emprises revêtues, etc.) ;
- mesures de gestion des eaux pluviales (stockage, infiltration) pour chaque projet ;
- mise en œuvre de bonnes pratiques agricoles (choix des cultures, maintien de haies et de zones enherbées, orientation des labours, etc.).

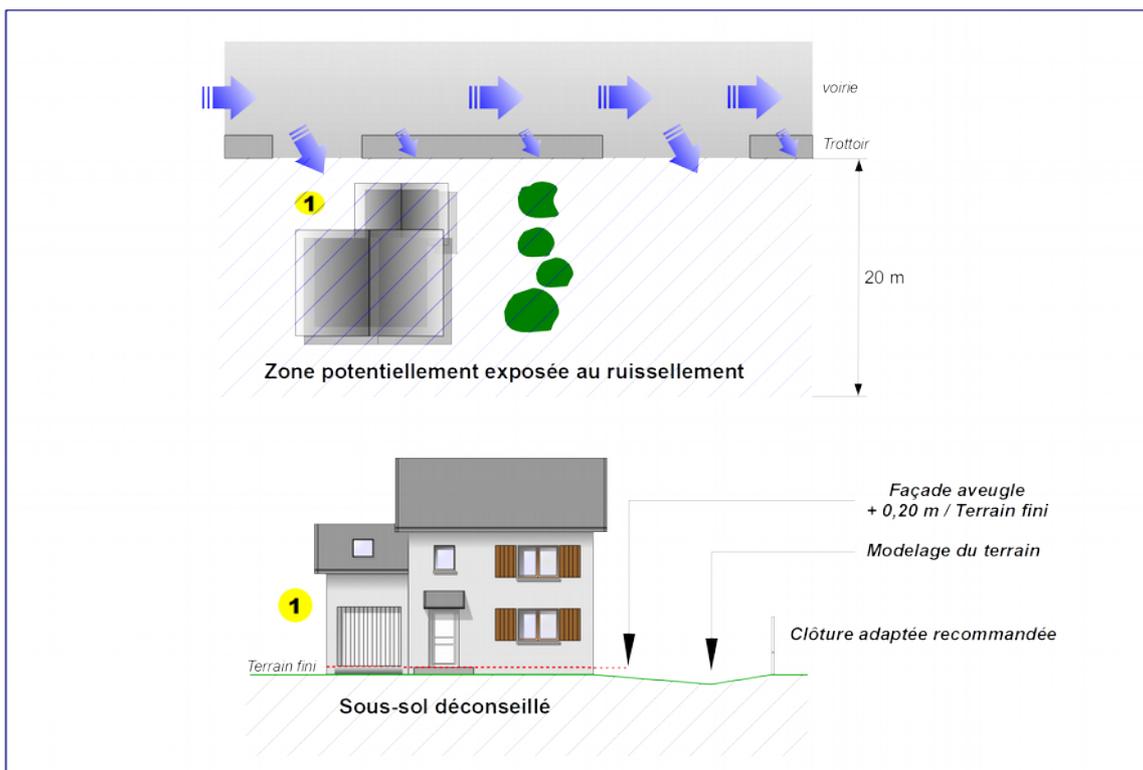


Figure 5: Mesures recommandées en zones d'aléa de ruissellement sur voirie pour une maison individuelle.

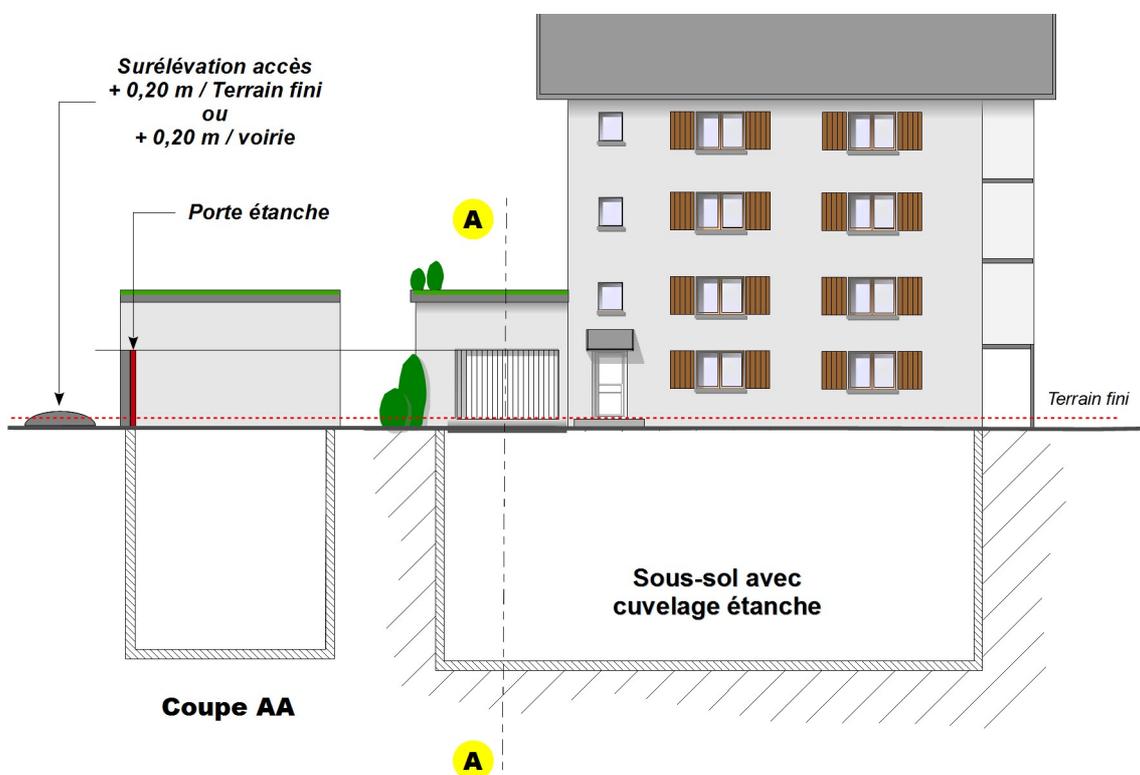


Figure 6: Mesures recommandées en zones d'aléa de ruissellement sur voirie pour un immeuble collectif.

VII. Synthèse

Alp'Géorisques a été mandaté pour produire une cartographie de l'aléa « ravinement et ruissellement sur versant » et « accumulation des eaux de ruissellement », dont la transcription réglementaire sera intégrée à la révision du PLU de la commune de Chatuzange-le-Goubet.

La mise à jour de la carte de ces aléas s'est basée sur une modélisation hydraulique du ruissellement superficiel et de divers traitements du MNT disponible pour la commune.

Outre les aléas mentionnés, l'aléa « inondation de plaine » a également été représenté sur la cartographie selon les données disponibles auprès de la DDT 26 et de diverses études réalisées par Alp'Géorisques. Cette cartographie permet à la commune de Chatuzange d'avoir un document unique regroupant les aléas hydrauliques.

Des prescriptions techniques ont également été proposées en fonction des aléas (nature, intensité, localisation).

VIII. Annexes

VIII.1. Annexe 1 : Note technique sur la modélisation hydraulique du ruissellement pour cartographier les zones à plus fort enjeux

Note technique

Modélisation du ruissellement sur versant

| | | | |
|----------------|--|------|--------------|
| Proposition | D1507122 | | |
| Chef de projet | Jean-Pierre ROSSETTI | | |
| Rédacteurs | Stéphane PUGIN | | |
| Annexes | 2 | | |
| Fichier | D1507122_NoteTechnique_modelisation_ruissellement_v2.0.odt | | |
| Version | 2.0 | Date | Octobre 2018 |
| Diffusion | Numérique | ✓ | |
| | Papier | - | |

I. Préambule

Dans le cadre de la révision du Plan Local d'Urbanisme (PLU) de la commune de Chatuzange-le-Goubet (26), une carte de l'aléa « ruissellement et ravinement sur versant » a été produite en juillet 2016.

Lors de l'exploitation de cette carte après le départ de son auteur, des interrogations ont été émises sur un certain nombre de zones de ruissellement.

Alp'Géorisques a donc décidé une révision en profondeur de cette cartographie, en s'appuyant sur une approche par modélisation hydraulique bi-dimensionnelle dans les secteurs à forts enjeux (zones urbanisées principalement).

Dans les zones à plus faibles enjeux, un traitement informatique du Modèle Numérique de Terrain (MNT), disponible sur l'ensemble de la commune, permet la cartographie de l'aléa ruissellement. Une validation de terrain a permis d'ajuster, au besoin, les résultats obtenus.

II. Objet

L'objet de cette note est de documenter la méthodologie de modélisation numérique utilisée pour quantifier le ruissellement sur versant. Cette méthode permet le calcul des paramètres hauteur et vitesse d'écoulement.

Le croisement de la valeur de ces deux paramètres conduira à la carte de l'aléa ruissellement et ravinement sur versant, suite à une interprétation des résultats bruts de modélisation.

III. Données et logiciels utilisés

Pour le territoire communal de Chatuzange-le-Goubet, les principales données utilisées sont les suivantes :

- CORINE Land Cover 2012 (occupation du sol),
- Modèle Numérique de Terrain (MNT), de maille 1 mètre issu d'un relevé LIDAR, transmis dans le cadre du projet et réalisé le 6 novembre 2015,
- ajustement statistique des lames précipitées à la station Météo France de Marsaz (26) (identifiant : 26177001, période 1990-2004, pour des durées comprises entre 1 et 24 heures),
- ajustement statistique des lames précipitées à la station Météo France de Chatuzange-le-Goubet (26) (identifiant : 26088001, période 1961-2002, pas de temps 24 heures),
- plan des parcelles cadastrales en date de janvier et février 2016,
- plan des bâtiments cadastrés 2017 et transmis le 21 août 2018.

Pour atteindre les objectifs fixés, il a été fait recours aux logiciels spécifiques ci-dessous :

- Blue Kenue (CHC, 2011),

- QGIS (2016),
- TELEMAC-2D (Hervouet et Ata, 2013).

IV. Méthodologie générale

Du fait de la nature du phénomène, aucune mesure de débit ruisselé n'est disponible et sa dynamique est inconnue. C'est pourquoi des concepts et méthodes utilisés en hydrologie et en hydraulique sont appliqués au phénomène de ruissellement sur versant.

Le premier point concerne la pluie générant le ruissellement. Il est pris pour hypothèse que la période de retour du ruissellement est identique à celui de la pluie le générant. Puisque dans le cadre de cartes d'aléa, l'événement de référence à étudier est l'événement le plus fort connu ou à défaut l'événement centennal (événement ayant, en moyenne, une chance sur cent de se produire au cours d'une année), une pluie centennale est à définir et celle-ci produira un débit de ruissellement centennal.

Sur la base d'une durée et de la période de retour retenue, une hauteur de pluie peut être calculée alors qu'une répartition temporelle de cette quantité est choisie, ce qui définit la pluie de projet.

Ensuite, la détermination de la pluie participant effectivement au ruissellement (pluie nette) à partir de la pluie de projet (pluie brute), est réalisée par l'approche du Soil Conservation Service (SCS), développée aux Etats-Unis et utilisée dans plusieurs modèles hydrologiques.

Enfin, la pluie nette (participant au ruissellement sur versant) est fournie au modèle hydraulique qui, sur un maillage de la zone à modéliser, réalise les calculs hydrauliques appropriés en tenant compte de la topographie (axe de concentration, dépression, obstacle à l'écoulement, etc.) et des apports de pluie nette. Cette étape est réalisée à l'aide du logiciel TELEMAC-2D, dont une version a été modifiée par Alp'Géorisques pour réaliser le calcul de la pluie nette exposé précédemment.

La méthodologie comprendra donc les étapes suivantes :

- 1 Calcul de la pluie de projet
 - 1.1 Lamé d'eau précipitée
 - 1.2 Répartitions spatiale et temporelle de la hauteur d'eau
- 2 Détermination de la pluie participant au ruissellement
 - 2.1 Préparation des données d'entrée du modèle
 - 2.2 Paramétrage et exploitation
- 3 Propagation du ruissellement sur la zone d'étude
 - 3.1 Préparation des données d'entrée du modèle
 - 3.2 Paramétrage de la modélisation et exploitation

V. Calcul de la pluie de projet

V.1. lame d'eau précipitée

La station de Marsaz est la station Météo France géographiquement la plus proche possédant des coefficients de Montana (entre 1 et 24 heures) (Tableau 1, Equation 1), qui permettent l'élaboration d'une pluie de projet. Cependant, la station de Chatuzange-le-Goubet est plus représentative en termes de hauteur précipitée, mais elle ne possède que des données au pas de temps journalier (Tableau 2).

Des analyses régionales de précipitation ont montré que la valeur du coefficient de Montana « b » est relativement constante. C'est pourquoi seul le coefficient « a » est ajusté pour que l'Equation 1 donne une hauteur précipitée de 147,0 mm en 24 heures, valeur pour la station de Chatuzange (Tableau 2). Le résultat de cet ajustement est présenté au Tableau 1.

Tableau 1: Coefficients de Montana pour Marsaz (période 1990-2004, entre 1 et 24 heures) et ceux ajustés pour Chatuzange-le-Goubet

| Période de retour (ans) | Marsaz | | Ajustement sur Marsaz | |
|----------------------------|--------|-------|-----------------------|-------|
| | a | b | a | b |
| 100 | 12,971 | 0,631 | 10,043 | 0,631 |

$$h(t, T) = a(T) \cdot t^{(1-b(T))}$$

Equation 1: Formule de Montana

Avec :

- t : durée de l'épisode pluvieux, en minutes
- T : période de retour de l'épisode pluvieux, en années
- h(t,T) : lame précipitée pour un épisode pluvieux de durée t et de période de retour T
- a(T) : coefficient de Montana pour la période de retour T
- b(T) : coefficient de Montana pour la période de retour T

Tableau 2: lame précipitée de période de retour 100 ans pour la station Météo France de Chatuzange le Goubet (période 1961-2002, pas de temps journalier)

| Période de retour (ans) | Lame précipitée (mm) | Intervalle de confiance à 70 % | |
|----------------------------|-------------------------|--------------------------------|-------|
| | | (mm) | (mm) |
| 100 | 147,0 | 116,8 | 177,2 |

La durée de la pluie de projet a été déterminée suite à une analyse hydrologique sommaire des bassins versants en amont des zones à plus fort enjeux. Pour ces bassins, la durée de pluie générant le plus fort ruissellement a été calculée, durée qui varie entre 1 et 4 heures approximativement. De manière à générer un fort ruissellement mais plausible, une durée de pluie de 2 heures a été retenue sur la base de l'analyse mentionnée.

Ainsi, une lame précipitée de 59 mm est obtenue à partir de l'ajustement pour Chatuzange des données de pluie selon l'Equation 1.

V.2. Répartitions temporelle et spatiale, pluie de projet

Aucune analyse de la répartition temporelle des précipitations n'est disponible pour le territoire communal de Chatuzange ou à proximité. Par conséquent, un hyétogramme synthétique de projet doit être choisi.

La forme du hyétogramme retenu est triangulaire avec un temps de montée égal à la moitié du temps de base (Figure V.1). Ce choix n'est ni optimiste, car le pic des précipitations ne se produit pas en début d'événement et n'est donc pas totalement absorbé par le sol, ni pessimiste, car le pic de précipitations ne se produit pas à la fin de l'événement, quand le sol est complètement saturé.

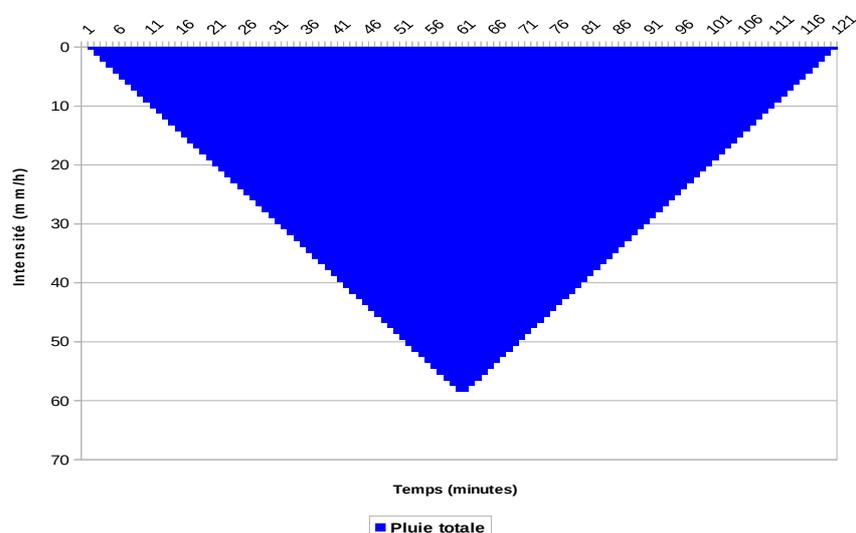


Figure V.1: Hyétogramme synthétique retenu pour Chatuzange (période de retour 100 ans, durée 2 heures)

Ce hyétogramme est appliqué de manière uniforme sur l'ensemble des zones modélisées de Chatuzange-le-Goubet.

VI. Détermination de la pluie participant au ruissellement

VI.1. Données d'entrée

Les données utilisées pour calculer la pluie participant au ruissellement sont celles exposées à la section V :

- pluie 100 ans de durée 2 heures, selon l'analyse effectuée à la section V.1 (ajustement des coefficients de Montana de la station de Marsaz aux valeurs statistiques des pluies journalières de Chatuzange),
- hyétogramme simple triangulaire centré (Figure V.1).

VI.2. Fonction de production

La méthode du « Curve Number » (USDA-SCS, 1972) est utilisée comme fonction de production, qui permet le calcul de la pluie participant au ruissellement (pluie nette) à partir de la pluie totale (pluie brute ; calculée à la section V).

Ce modèle détermine la pluie interceptée par la végétation, servant à l'humectation du sol, etc., puis celle infiltrée dans le sous-sol, et enfin celle participant au ruissellement sur la zone d'étude.

Un nombre adimensionnel, le « Curve Number » (CN), a été tabulé en fonction de la nature du sol, de son état d'humidité et de son occupation. Pour une zone donnée, connaissant son CN et l'événement pluvieux à modéliser, il est possible de calculer les pertes initiales (interception par la végétation, humectation du sol, etc.) (Equation 2 et Equation 3), puis l'évolution des pertes par infiltration (Equation 4). Ces dernières décroissent dans le temps, et le solde des précipitations participe au ruissellement de la zone (ruissellement sur versant).

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

Equation 2

$$Ia = 0,2 \cdot S$$

Equation 3

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

Equation 4

Avec :

| | |
|--------|---|
| CN : | « Curve Number », sans dimension, pouvant varier entre 30 et 100, |
| S : | pertes par infiltration maximales possibles, en mm, |
| Ia : | pertes initiales, en mm, |
| t : | temps, en heure, |
| Q(t) : | pluie nette ou ruissellement en fonction du temps, en mm, |
| P(t) : | pluie brute en fonction du temps, en mm. |

VI.3. Paramétrage de la fonction de production

Les paramètres de la fonction de production sont :

- les conditions antécédentes d'humidité du sol,
- la valeur du Curve Number,
- les pertes initiales.

VI.3.1 Les conditions antécédentes d'humidité du sol

Il est considéré des conditions d'humidité « normales » ou « moyennes » (AMC II), qui sont utilisées dans le cas de dimensionnement d'ouvrages (USDA, 1986). Les valeurs de Curve Number correspondantes sont disponibles à l'annexe I et dans USDA (1986).

VI.3.2 La valeur du Curve Number

L'occupation du sol est celle de la base de données CORINE Land Cover 2012 de niveau 3, regroupant 44 postes ou classes d'occupation (cf. annexe II). Pour chacune de ces classes, une valeur de Curve Number a été retenue pour un sol de type « C », sur la base des tables disponibles dans USDA (1986) et l'appréciation du bureau d'étude.

Ainsi, pour le territoire de Chatuzange, les catégories d'occupation du sol présentes et le Curve Number associé sont disponibles au Tableau 3.

Tableau 3: Occupation du sol et Curve Number associé

| Classe d'occupation du sol | Descriptif | Curve Number (sans dimension) |
|-----------------------------------|--|--|
| 112 | Tissu urbain discontinu | 85 |
| 121 | Zones industrielles ou commerciales et installations publiques | 90 |
| 131 | Extraction de matériaux | 85 |
| 211 | Terres arables hors périmètres d'irrigation | 80 |
| 222 | Vergers et petits fruits | 75 |
| 231 | Prairies et autres surfaces toujours en herbe à usage agricole | 75 |
| 242 | Systèmes culturaux et parcellaires complexes | 80 |
| 243 | Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants | 80 |
| 311 | Forêts de feuillus | 70 |
| 511 | Cours et voies d'eau | 98 |

La répartition spatiale des sols est disponible à l'Annexe II.

VI.3.3 Les pertes initiales

Selon la méthode développée par le Soil Conservation Service (USDA-SCS, 1972), les pertes initiales « la » sont égales à 20 % des pertes par infiltration maximales possibles « S ». Ce pourcentage n'a pas été modifié dans cette étude.

Pour une pluie centennale de durée 2 heures, de forme triangulaire centrée, et une valeur de Curve Number de 80, les hyétogrammes de pluie totale et de pluie nette sont représentés à la Figure VI.1.

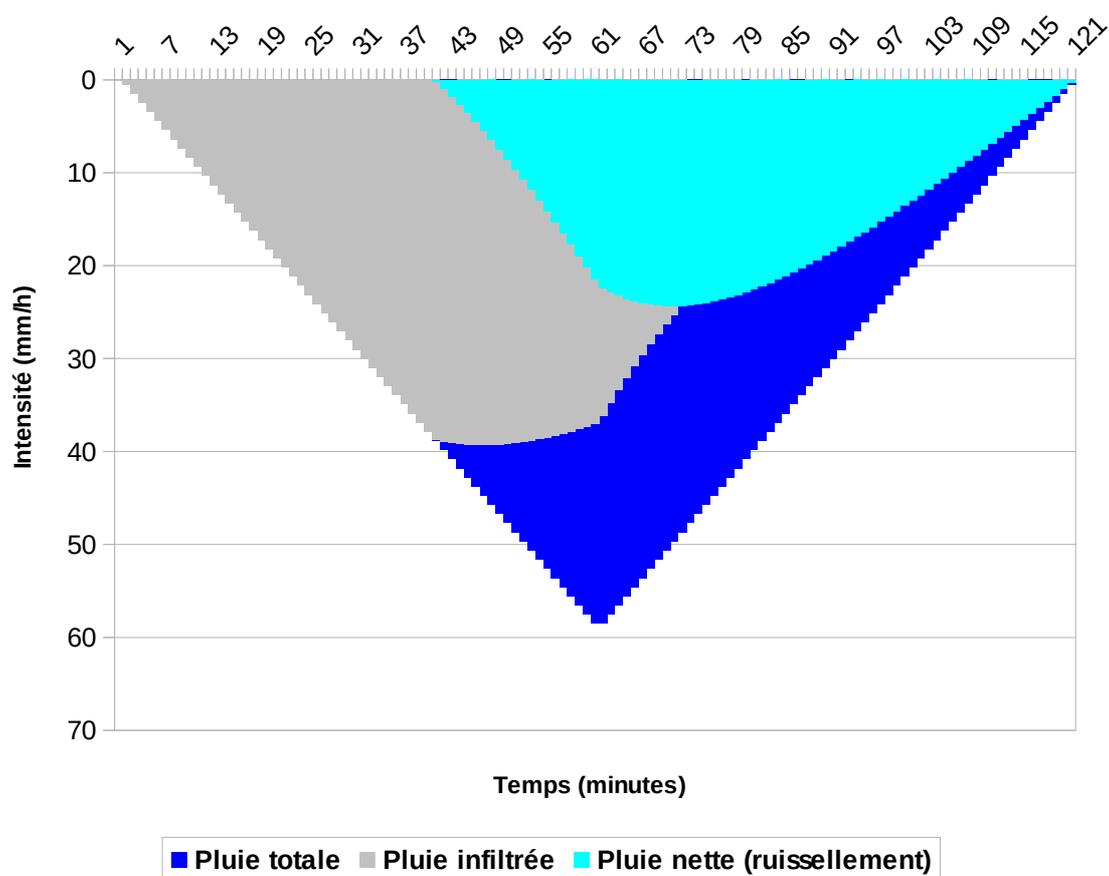


Figure VI.1: Hyétoqrammes de pluie totale et de pluie nette

VI.3.4 Exploitation

En chaque point de calcul du maillage utilisé dans la modélisation hydraulique (section VII.1.1), et à chaque pas de temps de calcul, la pluie nette (participant au ruissellement) est calculée et est rendue disponible pour l'écoulement sur le sol.

Ces calculs sont possibles suite à la modification du code du logiciel TELEMAC-2D (subroutine Fortran « prosou »), qui permet d'intégrer aux calculs de propagation des écoulements (ruissellement) les précipitations tombant sur la zone modélisée.

VII. Propagation du ruissellement sur la zone d'étude

VII.1. Données d'entrée

Les données utilisées pour calculer la propagation du ruissellement sur versant sont les suivantes :

- maillage des zones à modéliser,
- topographie des zones d'étude,
- coefficient de frottement associé aux types d'occupation du sol,

- pluie nette.

VII.1.1 Maillage

Pour la zone modélisée, il est nécessaire de donner au modèle des points de calcul, pour lesquels les équations hydrauliques seront résolues et des résultats (hauteur, vitesse) seront donc disponibles.

Un maillage triangulaire a été réalisé à l'aide du logiciel Blue Kenue (CHC, 2011), dont les dimensions sont variables pour obtenir plus de précision dans les zones à enjeux ou les éléments pouvant fortement contraindre le ruissellement (routes).

Ainsi pour les zones ayant un habitat dense, les routes (axe de la route avec une zone tampon de 5 mètres de part et d'autre) ou les zones très planes, la taille des mailles a été limitée entre 1,25-1,50 mètres. Les autres secteurs possèdent les mailles les plus grandes (3,0 à 4,0 mètres).

VII.1.2 Topographie

La topographie considérée résulte d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT) établi dans le cadre de ce projet. Les mesures aéroportées ont été réalisées le 6 novembre 2015, puis traitées afin de produire des données d'élévation du sol nu, avec une résolution spatiale de 1 mètre et une précision altimétriques de 10 cm (écart-type) et planimétrique de 25 cm (écart-type). Ce rendu est disponible pour l'ensemble du territoire communale de Chatuzange-le-Goubet.

Sur la base des bâtiments cadastrés, leur emprise est ajoutée au MNT et ils forment des obstacles infranchissables aux écoulements.

Par contre, les murets et murs d'enceinte des propriétés ont été considérés comme transparents à l'écoulement, conformément à la doctrine de la Direction Départementale des Territoires de la Drôme. Ils ne sont donc pas intégrés au fichier topographique.

Basé sur ces informations, l'altitude de chaque point du maillage est définie pour le modèle hydraulique.

VII.1.3 Réseaux d'assainissement

Les réseaux pluvial et d'eaux usées ne sont pas modélisés. Du fait de leur dimension, basée pour des pluies de périodes de retour de 10 à 30 ans en général, ils auraient de toute façon un impact négligeable pour un événement centennal.

En outre, il est probable que les grilles et caniveaux pour intercepter les eaux soient en partie ou totalement obstrués lors d'un tel événement, réduisant de fait l'effet des réseaux d'assainissement sur les écoulements.

VII.1.4 Coefficient de frottement

L'occupation du sol est celle de la base de données CORINE Land Cover 2012 de niveau 3, regroupant 44 postes ou classes d'occupation. Pour chacune d'entre elle, une valeur de coefficient de frottement (coefficient de Strickler) a été retenu, sur la base de la littérature technique disponible (par exemple FLO-2D Software (2009), USEPA (2016), USDA (1986)) et de l'appréciation du bureau d'étude.

Il est à noter que les valeurs adoptées sont en général plus faibles que celles couramment retenues en hydraulique fluviale par exemple. De telles valeurs intègrent la végétation, les

irrégularités de surface, la nature de l'écoulement (non uniforme et non permanent) ainsi que sa plus faible hauteur que celle en hydraulique fluviale.

Ainsi, pour le territoire de Chatuzange, les catégories d'occupation du sol présentes et le coefficient de frottement associé sont disponibles au Tableau 4.

Tableau 4: Occupation du sol et coefficient de Strickler associé

| Classe d'occupation du sol | Descriptif | Coefficient de Strickler ($m^{1/3}/s$) |
|----------------------------|--|---|
| 112 | Tissu urbain discontinu | 20 |
| 121 | Zones industrielles ou commerciales et installations publiques | 35 |
| 131 | Extraction de matériaux | 20 |
| 211 | Terres arables hors périmètres d'irrigation | 20 |
| 222 | Vergers et petits fruits | 20 |
| 231 | Prairies et autres surfaces toujours en herbe à usage agricole | 20 |
| 242 | Systèmes culturaux et parcellaires complexes | 20 |
| 243 | Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants | 20 |
| 311 | Forêts de feuillus | 10 |
| 511 | Cours et voies d'eau | 50 |

La répartition spatiale des sols est disponible à l'Annexe II.

VII.1.5 Pluie nette

La pluie nette est obtenue en définissant la pluie totale (section V), à laquelle est appliquée la fonction de production exposée à la section VI.

VII.2. Modèle

Le logiciel hydraulique TELEMAC-2D est utilisé pour propager la pluie participant au ruissellement sur les zones modélisées.

Développé par le Laboratoire National d'Hydraulique et d'Environnement (LNHE, EDF-R&D), TELEMAC-2D résout les équations de Barré de Saint-Venant à deux dimensions d'espace horizontales. Ses résultats principaux sont, en chaque point du maillage de résolution, la hauteur d'eau et la vitesse moyenne sur la verticale. TELEMAC-2D trouve ses applications en hydraulique à surface libre, maritime ou fluviale, et est capable de prendre en compte notamment les phénomènes de frottement sur le fond et l'influence de phénomènes météorologiques comme les précipitations (source : Hervouet et Ata, 2013).

Ce logiciel permet une personnalisation de son code de calculs, comme l'a fait Alp'Géorisques pour calculer la pluie nette en chaque point de calcul. Ainsi, cette version améliorée de TELEMAC permet de ne pas avoir à déterminer, a priori, les axes d'écoulements et les points d'injection du débit. Les axes d'écoulements sont déterminés lors de la simulation par transformation directe de la pluie en débit et propagation du débit de proche en proche. Cette méthode permet également de prendre en compte l'évolution graduelle du débit le long des axes de concentration du ruissellement.

VII.3. Paramétrage du modèle

VII.3.1 Généralités

Le paramétrage pour la résolution des équations mathématique est celui par défaut ou recommandé dans le manuel de l'utilisateur.

VII.3.2 Conditions aux limites

Pour tous les points en limite du domaine modélisé, la condition aux limites est de type « frontière à hauteur et vitesse libres » : aucune condition n'est imposée au code de calcul (pas d'apports de débit extérieurs, par de hauteur d'eau aval conditionnant la profondeur de l'écoulement sur le domaine modélisé).

VII.3.3 Pas de temps de calculs

Pour que le nombre d'itération soit inférieur à la valeur maximale recommandée, un pas de temps de calcul de 0,3 seconde est adopté.

VII.3.4 Durée de simulation et temps de calculs

La durée de simulation est fixée à 2,5 heures pour une pluie de deux heures. Le temps de calculs correspondant est d'environ 9 à 10 heures.

VII.4. Exploitation

L'exploitation de la modélisation consiste à exécuter le logiciel selon les modalités définies par le distributeur de ce produit.

Les résultats sont visualisables grâce à une extension (plug-in) développée par Artelia (2016) pour le logiciel SIG Qgis (QGIS Development Team, 2016). Le traitement ultérieur de ces résultats se fait principalement dans Qgis et ses diverses extensions.

Les résultats peuvent également être traités à l'aide du logiciel Blue Kenue (CHC, 2011).

VIII. Bibliographie

- Artelia (2016). PostTelemac – Plugin for QGIS to manage Telemac results. Version 0.1.4. 6 avril 2016.
- Canadian Hydraulic Center (2011). Blue Kenue. Reference Manual. Septembre 2011.
- FLO-2D Software (2009). FLO-2D Reference Manual. 2009.
- Hervouet, J.M., Ata, R. (2013). Système de modélisation TELEMAC. Logiciel TELEMAC-2D. Version 6.2. Manuel de l'utilisateur. Mai 2013.
- QGIS Development Team (2016). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>. Version 2.18.18.
- U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service (1972). National Engineering Handbook. Section 4. Hydrology.
- U.S. Department of Agriculture (1986). Urban hydrology for small watersheds. Technical Release 55 (TR-55).
- U.S. Environmental Protection Agency (2016). Storm Water Management Model. Reference Manual. Volume I – Hydrology. Janvier 2016.

IX. Annexe I – Valeurs tabulées du paramètre « Curve Number »

| Description de la couverture du sol | | CN associé à un groupe de sol | | | |
|--|---|-------------------------------|----|----|----|
| Type de couverture et condition hydrologique | Imperméabilité moyenne (%) ² | A | B | C | D |
| <i>Bassins urbains entièrement développés (végétation établie)</i> | | | | | |
| Espaces verts (pelouses, parcs, terrains de golf, cimetières, etc.)³ : | | | | | |
| - Mauvaise condition (couverture de gazon < 50%) | | 68 | 79 | 86 | 89 |
| - Condition moyenne (couverture de gazon de 50% à 75%) | | 49 | 69 | 79 | 84 |
| - Bonne condition (couverture de gazon > 75%) | | 39 | 61 | 74 | 80 |
| Surfaces imperméables : | | | | | |
| - Stationnements pavés, toits, entrées, etc. (excluant droits de passage) | | 98 | 98 | 98 | 98 |
| Rues et routes : | | | | | |
| - Pavés : chaîne de rue et réseau pluvial (excluant droits de passage) | | 98 | 98 | 98 | 98 |
| - Pavés : fossés à ciel ouvert (incluant droits de passage) | | 83 | 89 | 92 | 93 |
| - Gravier (incluant droits de passage) | | 76 | 85 | 89 | 91 |
| - Terre (incluant droits de passage) | | 72 | 82 | 87 | 89 |
| Secteurs urbains désertiques : | | | | | |
| - Aménagement paysager désertique naturel (perméable seulement) ⁴ | | 63 | 77 | 85 | 88 |
| - Aménagement paysager désertique artificiel (mauvaises herbes imperméables, barrières, arbustes désertiques avec couche de 1 à 2'' de sable ou de gravier et bordures de bassins) | | 96 | 96 | 96 | 96 |
| Secteurs urbains : | | | | | |
| - Commercial et affaires | 85 | 89 | 92 | 94 | 95 |
| - Industriel | 72 | 81 | 88 | 91 | 93 |
| Secteurs résidentiels dont les lots moyens sont de : | | | | | |
| - 1/8 acre ou moins (maisons de ville) (0,05 ha) | 65 | 77 | 85 | 90 | 92 |
| - 1/4 acre (0,10 ha) | 38 | 61 | 75 | 83 | 87 |
| - 1/3 acre (0,13 ha) | 30 | 57 | 72 | 81 | 86 |
| - 1/2 acre (0,20 ha) | 25 | 54 | 70 | 80 | 85 |
| - 1 acre (0,40 ha) | 20 | 51 | 68 | 79 | 84 |
| - 2 acres (0,81 ha) | 12 | 46 | 65 | 77 | 82 |
| <i>Bassins urbains développés</i> | | | | | |
| - Surfaces nouvellement nivelées (perméables, sans végétation) ⁵ | | 77 | 86 | 91 | 94 |
| - Terres inoccupées (les CN sont déterminés via l'utilisation de couvertures de sol similaires à celles d'autres terres agricoles, voir tableau 5.2.8c) | | - | - | - | - |

1 Condition moyenne de ruissellement et $I_s = 0,2S$.

2 Le pourcentage d'imperméabilité moyen indiqué a été utilisé lors du calcul du CN composé. De même pour les hypothèses suivantes : les surfaces imperméables sont directement drainées (CN=98), les surfaces perméables sont considérées équivalentes à des espaces verts en bonne condition. Les CN pour d'autres conditions peuvent être évalués à l'aide des figures 5.2.4 et 5.2.5.

3 Les CN indiqués représentent un pâturage. Un CN composé peut être évalué pour d'autres combinaisons de couvertures de sol de type espaces verts.

4 Le CN composé pour un aménagement paysager désertique naturel devrait être calculé à l'aide des figures 5.2.4 et 5.2.5 basé sur le pourcentage de surfaces imperméables (CN=98) et le CN des surfaces perméables. Ce dernier est considéré équivalent à une couverture d'arbustes désertiques en mauvaise condition hydrologique.

5 Le CN composé à utiliser pour la conception d'ouvrages temporaires durant le nivellement et la construction devrait être évalué à l'aide des figures 5.2.4 ou 5.2.5, basé sur le degré d'avancement des travaux (pourcentage d'imperméabilité) et le CN des aires perméables nouvellement nivelées.

Note technique
Modélisation du ruissellement sur versant

| Description de la couverture du sol | | | CN associé à un groupe de sol | | | |
|---|---------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|----|----|----|
| Type de couverture | Traitement ² | Condition hydrologique ³ | A | B | C | D |
| Champs en jardinières non cultivés | Sol nu | --- | 77 | 86 | 91 | 94 |
| | Couverture résiduelle de récolte (CR) | Faible | 76 | 85 | 90 | 93 |
| | | Bonne | 74 | 83 | 88 | 90 |
| Sols cultivés en rangés | Rangées droites (RD) | Faible | 72 | 81 | 88 | 91 |
| | | Bonne | 67 | 78 | 85 | 89 |
| | RD+ CR | Faible | 71 | 80 | 87 | 90 |
| | | Bonne | 64 | 75 | 82 | 85 |
| | Contournées (C) | Faible | 70 | 79 | 84 | 88 |
| | | Bonne | 65 | 75 | 82 | 86 |
| | C + CR | Faible | 69 | 78 | 83 | 87 |
| | | Bonne | 64 | 74 | 81 | 85 |
| | Contournées et en terrasses (C et T) | Faible | 66 | 74 | 80 | 82 |
| | | Bonne | 62 | 71 | 78 | 81 |
| | C et T + CR | Faible | 65 | 73 | 79 | 81 |
| | | Bonne | 61 | 70 | 77 | 80 |
| Petit grain | RD | Faible | 65 | 76 | 84 | 88 |
| | | Bonne | 63 | 75 | 83 | 87 |
| | RD + CR | Faible | 64 | 75 | 83 | 86 |
| | | Bonne | 60 | 72 | 80 | 84 |
| | C | Faible | 63 | 74 | 82 | 85 |
| | | Bonne | 61 | 73 | 81 | 84 |
| | C + CR | Faible | 62 | 73 | 81 | 84 |
| | | Bonne | 60 | 72 | 80 | 83 |
| | C et T | Faible | 61 | 72 | 79 | 82 |
| | | Bonne | 59 | 70 | 78 | 81 |
| | C et T + CR | Faible | 60 | 71 | 78 | 81 |
| | | Bonne | 58 | 69 | 77 | 80 |
| Ensemencement de légumes ou prés en rotation | RD | Faible | 66 | 77 | 85 | 89 |
| | | Bonne | 58 | 72 | 81 | 85 |
| | C | Faible | 64 | 75 | 83 | 85 |
| | | Bonne | 55 | 69 | 78 | 83 |
| | C et T | Faible | 63 | 73 | 80 | 83 |
| | | Bonne | 51 | 67 | 76 | 80 |

1 Condition moyenne de ruissellement et $I_a = 0,2S$.

2 La couverture résiduelle de récolte (CR) s'applique seulement lorsqu'elle couvre au moins 5% de la surface tout au long de l'année.

3 Les conditions hydrologiques sont basées sur une combinaison de facteurs qui affectent l'infiltration et le ruissellement, incluant: (a) la densité des surfaces avec végétation, (b) la quantité de couverture sur toute l'année, (c) la quantité de gazon ou d'ensemencement de légumes en rotation, (d) le pourcentage de couverture résiduelle sur la surface (bonne $\geq 20\%$), et (e) le degré de rugosité de la surface. Avec une condition faible, les facteurs diminuent l'infiltration et tendent à augmenter le ruissellement, alors qu'avec une bonne condition, ils encouragent une infiltration moyenne ou meilleure encore et tendent à diminuer le ruissellement.

Note technique
Modélisation du ruissellement sur versant

| Description de la couverture du sol | Condition hydrologique | CN associé à un groupe de sol | | | |
|--|------------------------|-------------------------------|----|----|----|
| | | A | B | C | D |
| Pâturage ou prairies - Fourrage continu pour brouter. ² | Faible | 68 | 79 | 86 | 89 |
| | Moyenne | 49 | 69 | 79 | 84 |
| | Bonne | 39 | 61 | 74 | 80 |
| Prés - Gazon continu non brouté et généralement fauché pour le foin. | --- | 30 | 58 | 71 | 78 |
| Broussailles - Ensemble de broussailles en grande partie avec des herbes et du gazon. ³ | Faible | 48 | 67 | 77 | 83 |
| | Moyenne | 35 | 56 | 70 | 77 |
| | Bonne | ⁴ 30 | 48 | 65 | 73 |
| Arbres - Combinaison d'arbres et de gazon (vergers ou pépinières). ⁵ | Faible | 57 | 73 | 82 | 86 |
| | Moyenne | 43 | 65 | 76 | 82 |
| | Bonne | 32 | 58 | 72 | 79 |
| Forêts. ⁶ | Faible | 35 | 66 | 77 | 83 |
| | Moyenne | 36 | 60 | 72 | 79 |
| | Bonne | ⁴ 30 | 55 | 70 | 77 |
| Fermes - Bâtiments, chemins, entrées et lots avoisinants. | --- | 59 | 74 | 82 | 86 |

1 Condition moyenne de ruissellement et $I_s = 0,2S$.

2 Faible : < 50% de la couverture du sol ou brouté de façon importante sans paille.

Moyenne : 50 to 75% de la couverture du sol et non brouté de façon importante,

Bonne : > 75% de la couverture du sol et peu ou rarement brouté.

3 Faible: < 50% de la couverture du sol,

Moyenne : 50 to 75% de la couverture du sol,

Bonne : > 75% de la couverture du sol.

4 CN actuel inférieur à 30, utiliser CN = 30 pour les calculs de ruissellement.

5 Les CN présentés ont été calculés pour des surfaces ayant 50% d'arbres et 50% de gazon (pâturage) comme couverture. D'autres combinaisons de conditions peuvent être évaluées à partir des CN des forêts et des pâturages.

6 Faible : Les débris, les petits arbres et les broussailles sont détruits, broutés de façon importante ou brûlés régulièrement,

Moyenne : Les arbres sont broutés mais non brûlés, et quelques débris couvrent le sol,

Bonne : Les arbres protégés ne sont pas broutés, et les débris et broussailles couvrent adéquatement le sol.

Note technique
Modélisation du ruissellement sur versant

| Description de la couverture du sol | | CN associé à un groupe de sol | | | |
|--|-------------------------------------|-------------------------------|----|----|----|
| Type de couverture | Condition hydrologique ² | A ³ | B | C | D |
| Plantes herbacées - Mélange de gazon, d'herbes et de quelques broussailles basses. | Faible | 80 | 87 | 93 | |
| | Moyenne | 71 | 81 | 89 | |
| | Bonne | 62 | 74 | 85 | |
| Chênes - Trembles - Mélange de broussailles de montagne, chênes, trembles, acajous, érables et autres. | Faible | 66 | 74 | 79 | |
| | Moyenne | 48 | 57 | 63 | |
| | Bonne | 30 | 41 | 48 | |
| Conifères - Pins, génévriers, avec une couverture gazonnée. | Faible | 75 | 85 | 89 | |
| | Moyenne | 58 | 73 | 80 | |
| | Bonne | 41 | 61 | 71 | |
| Armoises avec une couverture gazonnée. | Faible | 67 | 80 | 85 | |
| | Moyenne | 51 | 63 | 70 | |
| | Bonne | 35 | 47 | 55 | |
| Arbustes désertiques - Cactus et autres. | Faible | 63 | 77 | 85 | 88 |
| | Moyenne | 55 | 72 | 81 | 86 |
| | Bonne | 49 | 68 | 79 | 84 |

1 Condition moyenne de ruissellement et $I_3 = 0,2S$. Pour les prairies en régions humides, utiliser le tableau 5.2.8c.

2 Faible : < 30% de la couverture du sol (débris, gazon et broussailles),

Moyenne : 30 à 70% de la couverture du sol,

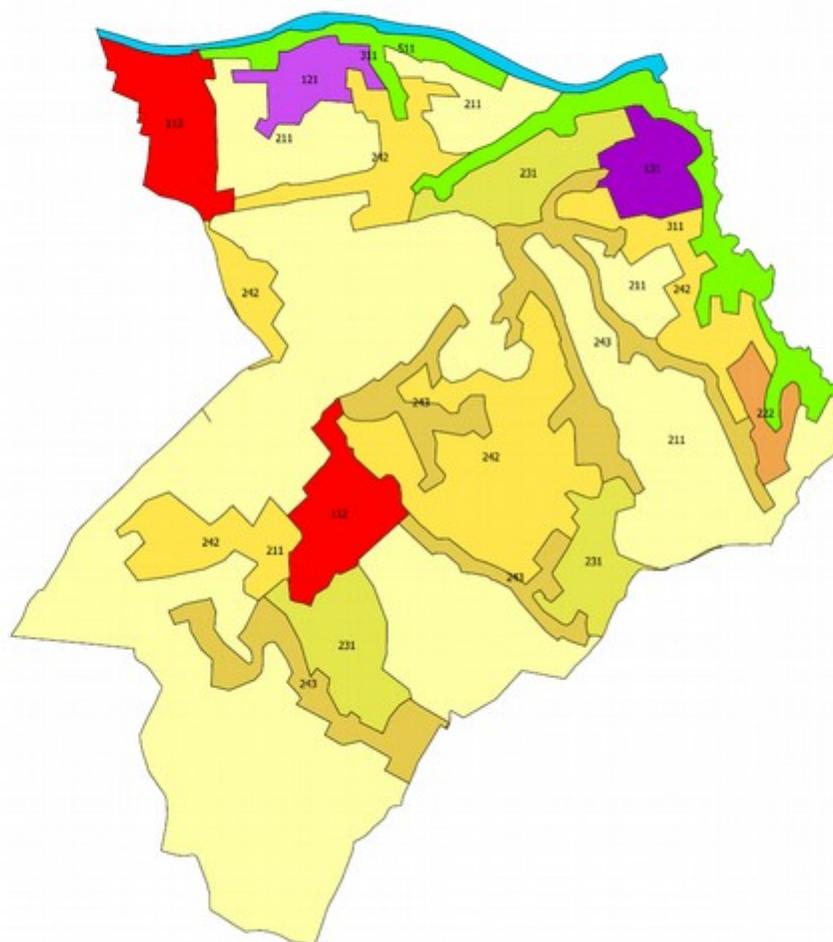
Bonne : > 70% de la couverture du sol.

3 Les CN pour les sols de classe A ont été développés pour les arbustes désertiques seulement.

X. Annexe II – Classes d'occupation des sols de Chatuzange-le-Goubet selon la classification CORINE Land Cover 2012

Chatuzange-le-Goubet (26) - Cartographie de l'aléa ruissellement

Répartition des classes d'occupation du sol selon la base de données CORINE Land Cover 2012



Légende

- Cours et voies d'eau
- Extraction de matériaux
- Forêts de feuillus
- Prairies et autres surfaces toujours en herbe à usage agricole
- Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants
- Systèmes culturaux et parcellaires complexes
- Terres arables hors périmètres d'irrigation
- Tissu urbain discontinu
- Vergers et petits fruits
- Zones industrielles ou commerciales et installations publiques



0 0.3 0.6 0.9 1.2 1.5 km



Alp'Géorisques - 26 oct. 2018
D1507122 - Version 2.0

VIII.2. Annexe 2 : Note technique sur les traitements du Modèle Numérique de Terrain (MNT) pour cartographier les zones à plus faible enjeux

Note technique

Traitements du Modèle Numérique de Terrain

| | | | |
|----------------|---|------|--------------|
| Proposition | D1507122 | | |
| Chef de projet | Jean-Pierre ROSSETTI | | |
| Rédacteurs | Stéphane PUGIN | | |
| Annexes | - | | |
| Fichier | D1507122_NoteTechnique_traitements_MNT_v1.0.odt | | |
| Version | 1.0 | Date | Octobre 2018 |
| Diffusion | Numérique | ✓ | |
| | Papier | - | |

I. Préambule

Dans le cadre de la révision du Plan Local d'Urbanisme (PLU) de la commune de Chatuzange-le-Goubet (26), une carte de l'aléa « ruissellement et ravinement sur versant » a été produite en juillet 2016.

Lors de l'exploitation de cette carte après le départ de son auteur, des interrogations ont été émises sur un certain nombre de zones de ruissellement.

Alp'Géorisques a donc décidé une révision en profondeur de cette cartographie, en s'appuyant sur une approche par modélisation hydraulique bi-dimensionnelle dans les secteurs à forts enjeux (zones urbanisées principalement), alors qu'un traitement informatique du Modèle Numérique de Terrain (MNT), disponible sur l'ensemble de la commune, permet la cartographie des zones à plus faibles enjeux. Une validation de terrain a permis d'ajuster, au besoin, les résultats obtenus.

II. Objet

L'objet de cette note est de documenter la méthodologie de traitement du MNT utilisée pour identifier les axes de ruissellement et quantifier, de manière qualitative, l'intensité du ruissellement sur versant.

Une telle approche est utilisée dans les zones à plus faibles enjeux, notamment les zones de cultures et d'habitat dispersé, dont le ruissellement n'est pas déterminé par une modélisation hydraulique.

III. Données et logiciels utilisés

Pour le territoire communal de Chatuzange-le-Goubet, les principales données utilisées sont les suivantes :

- orthophotos de la commune pour l'année 2013,
- base de données des cours d'eau soumis à la Loi sur l'eau pour le département de la Drôme (téléchargé en août 2018),
- plan des parcelles cadastrées transmis en janvier 2016,
- Modèle Numérique de Terrain (MNT) issu d'un relevé LIDAR réalisé le 6 novembre 2015 (résolution spatiale de 1 mètre, avec une précision altimétriques de 10 cm (écart-type) et planimétrique de 25 cm (écart-type)).

Pour atteindre les objectifs fixés, il a été fait recours aux logiciels spécifiques ci-dessous :

- QGIS (2016),
- extension de GRASS GIS (GRASS Development Team, 2018) dans QGIS,
- extension de SAGA GIS (Conrad et al., 2015) dans QGIS.

IV. Méthodologie générale

La première phase consiste à traiter le MNT de manière à identifier les axes d'écoulement probables.

Pour cela, il faut traiter le MNT de sorte que si de l'eau s'écoulait sur le relief numérisé, elle ne puisse pas être stoppée dans une dépression par exemple. Ensuite, pour chaque pixel du MNT, il est calculé la ou les directions vers lesquelles un écoulement pourrait se diriger, et ainsi en déduire la somme de pixels qui contribue à l'écoulement en un point donné. Enfin, les axes d'écoulement peuvent être identifiés sur la base des informations obtenues précédemment (MNT sans dépression, trame contenant le nombre de pixel amont s'écoulant en chaque point).

Les axes ainsi identifiés sont donc potentiellement des axes préférentiels d'écoulement de surface (ruissellement) dans leur partie amont, alors qu'en aval la concentration en eau est telle que des écoulements pérennes peuvent s'établir sous la forme de ruisseaux ou rivières plus ou moins importants. L'intensité du phénomène de ruissellement va également en s'accroissant de l'amont vers l'aval.

La seconde phase doit permettre l'établissement d'une relation entre des paramètres physiques (pente, concavité ou convexité du terrain, etc.), des paramètres calculés comme la superficie drainée et l'intensité du phénomène de ruissellement (faible, moyen, fort).

Pour ce faire, les paramètres mentionnés sont cartographiés et superposés aux intensités de l'aléa ruissellement obtenues par modélisation hydraulique bi-dimensionnelle (cf. note technique sur la modélisation hydraulique). Une ou des relations seront établies entre ces éléments.

La troisième phase comprend une validation de terrain des résultats obtenus.

La méthodologie comprendra donc les étapes suivantes :

- 1 Identification des axes d'écoulement probables
 - 1.1 Traitement du MNT pour supprimer les dépressions et zones planes
 - 1.2 Calcul du nombre de pixels dont l'écoulement peut se retrouver en un pixel donné
 - 1.3 Identification des axes d'écoulement
- 2 Établissement de relations entre paramètres numériques et intensités de l'aléa ruissellement obtenues par modélisation hydraulique
- 3 Validation de terrain de l'analyse numérique du MNT.

Les outils informatiques utilisés sont ceux des logiciels GRASS, SAGA et QGIS, dont certaines fonctions sont présentes comme extension dans le logiciel QGIS. Ce choix repose sur la volonté d'une reproductibilité des résultats obtenus du bureau d'études par ses partenaires ou son client, puisque ces logiciels sont disponibles gratuitement au téléchargement. Quant aux fonctionnalités utilisées, elles sont retenues du fait de la documentation abondante y relative.

D'autres logiciels peuvent également être utilisés (par exemple ArcGIS) ou d'autres fonctions, qui conduiront à des résultats similaires à ceux produits dans cette étude.

V. Identification des axes d'écoulement probables

V.1. Suppression des dépressions de terrain

La fonctionnalité utilisée est dénommée « Fill Sinks (Wang & Liu) » dans QGIS version 2.18, qui recourt au logiciel SAGA version 2.3.2.

Elle permet l'identification des dépressions qui pourraient piéger les écoulements, et les supprime en faisant en sorte de préserver une pente descendante le long du cheminement de l'écoulement.

Le MNT de la commune constitue la seule donnée d'entrée de cette fonctionnalité, le paramétrage de cette dernière est celui par défaut, avec comme résultat un MNT sans dépression.

Des informations complémentaires sont disponibles sur le site du logiciel SAGA (www.saga-gis.org).

V.2. Calcul du nombre de pixel s'écoulant en tout point du MNT

La fonctionnalité utilisée est dénommée « Catchment area » dans QGIS version 2.18, qui recourt au logiciel SAGA version 2.3.2.

Les algorithmes présents dans cette fonction calculent, du point le plus haut vers le plus bas, l'accumulation des flux d'eau.

Le MNT sans dépression (section V.1) constitue la seule donnée d'entrée de cette fonctionnalité, la méthode de calcul de la direction de l'écoulement est celle dénommée « multiple flow direction », avec comme résultat un raster d'accumulation des flux pour chaque pixel constituant ce fichier.

V.3. Identification des axes d'écoulement

La fonctionnalité utilisée est dénommée « Channel network » dans QGIS version 2.18, qui recourt au logiciel SAGA version 2.3.2.

Elle permet notamment l'identification des axes d'écoulement dès que le nombre de cellules drainé en un point est supérieur au nombre minimum spécifié par l'utilisateur.

Les données d'entrée sont le MNT sans dépression (section V.1) et le raster d'accumulation des flux (section V.2) ; le paramétrage de l'algorithme est celui par défaut sauf celui du nombre de cellules à partir duquel un axe d'écoulement est identifié, qui varie entre 10 000 (soit 1 ha puisque chaque pixel représente 1 m²) et 200 000 (20 ha) ; et le résultat est le fichier contenant les axes d'écoulement calculés.

Des informations complémentaires sont disponibles sur le site du logiciel SAGA (www.saga-gis.org).

VI. Établissement de relations entre paramètres numériques et intensités de l'aléa ruissellement

VI.1. Paramètres numériques calculés

Plusieurs paramètres morphométriques ont été testés pour établir une relation avec l'intensité de l'aléa : pente du terrain, courbure de profil (« profile curvature » en anglais), courbure plane (« planform curvature »), courbure tangentielle (« tangential curvature »), etc. Il ressort que le paramètre courbure tangentielle, calculé sur un MNT lissé sur une grille 5 x 5, est le plus probant pour discriminer les aléas V1 et V2 (cf. section VI.3).

La courbure tangentielle a la même signification que la courbure plane¹, i.e. elle calcule la courbure du terrain (du pixel pour lequel elle est calculée) perpendiculairement à la plus grande pente. En fonction de sa valeur, elle permet de déterminer si les écoulements se concentrent (forme concave du terrain, valeur négative de la courbure) ou s'ils divergent (forme convexe du terrain, valeur positive) (Figure VI.1).

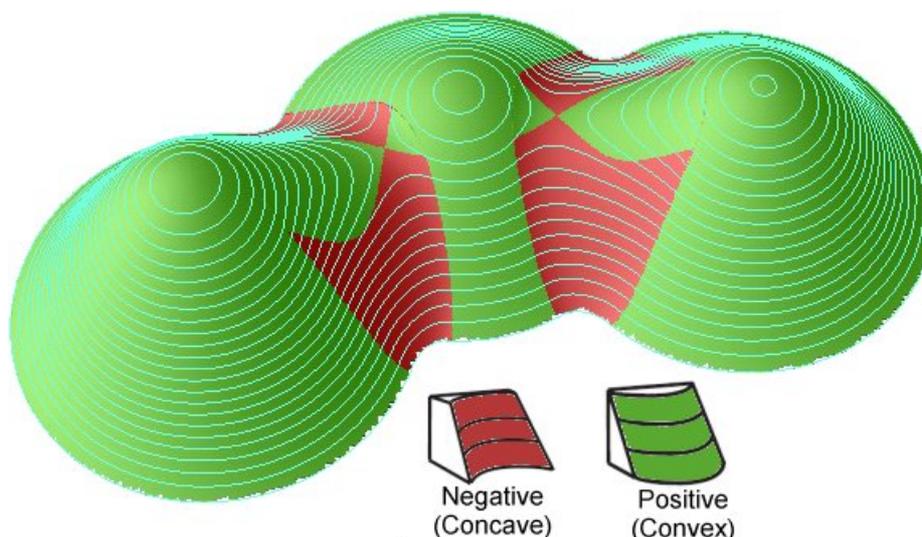


Figure VI.1: Illustration de la courbure plane (source: http://www.et-st.com/et_surface/userguide/Raster/ETG_RasterCurvature.htm)

VI.2. Ruissellement de faible intensité (aléa V1)

Sur l'aléa faible de ruissellement (V1), les axes d'écoulement précédemment calculés (section V.2) ont été superposés.

Il ressort de cette superposition que l'aléa V1 se manifeste dès que la superficie drainée dépasse 1 ha (Figure VI.2). Cette relation n'est pas toujours aussi bonne comme le montre les résultats de la Figure VI.3.

1 La courbure plane représente la courbure d'un pixel par rapport à un plan horizontal. Elle peut également être interprétée comme la courbe d'une hypothétique ligne hypsométrique qui passe sur un pixel spécifique. La valeur de la courbure plane est positive pour les cellules ayant un contour concave, alors que la valeur est négative pour les cellules ayant un contour convexe.

Chatuzange-le-Goubet (26) - Cartographie de l'aléa ruissellement

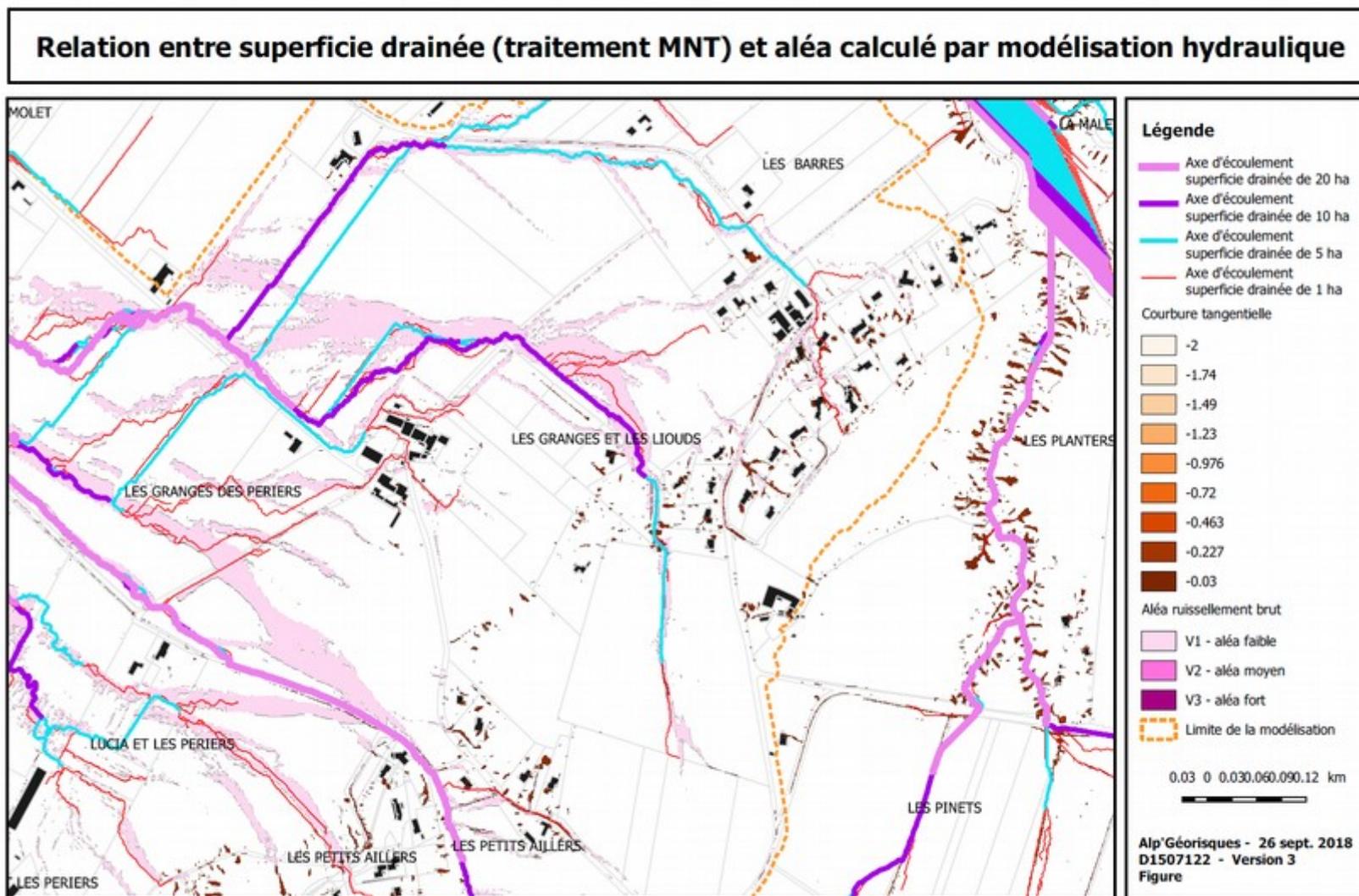


Figure VI.2: Relation entre superficie drainée et aléa calculé - secteur au nord-est du bourg de Chatuzange

Chatuzange-le-Goubet (26) - Cartographie de l'aléa ruissellement

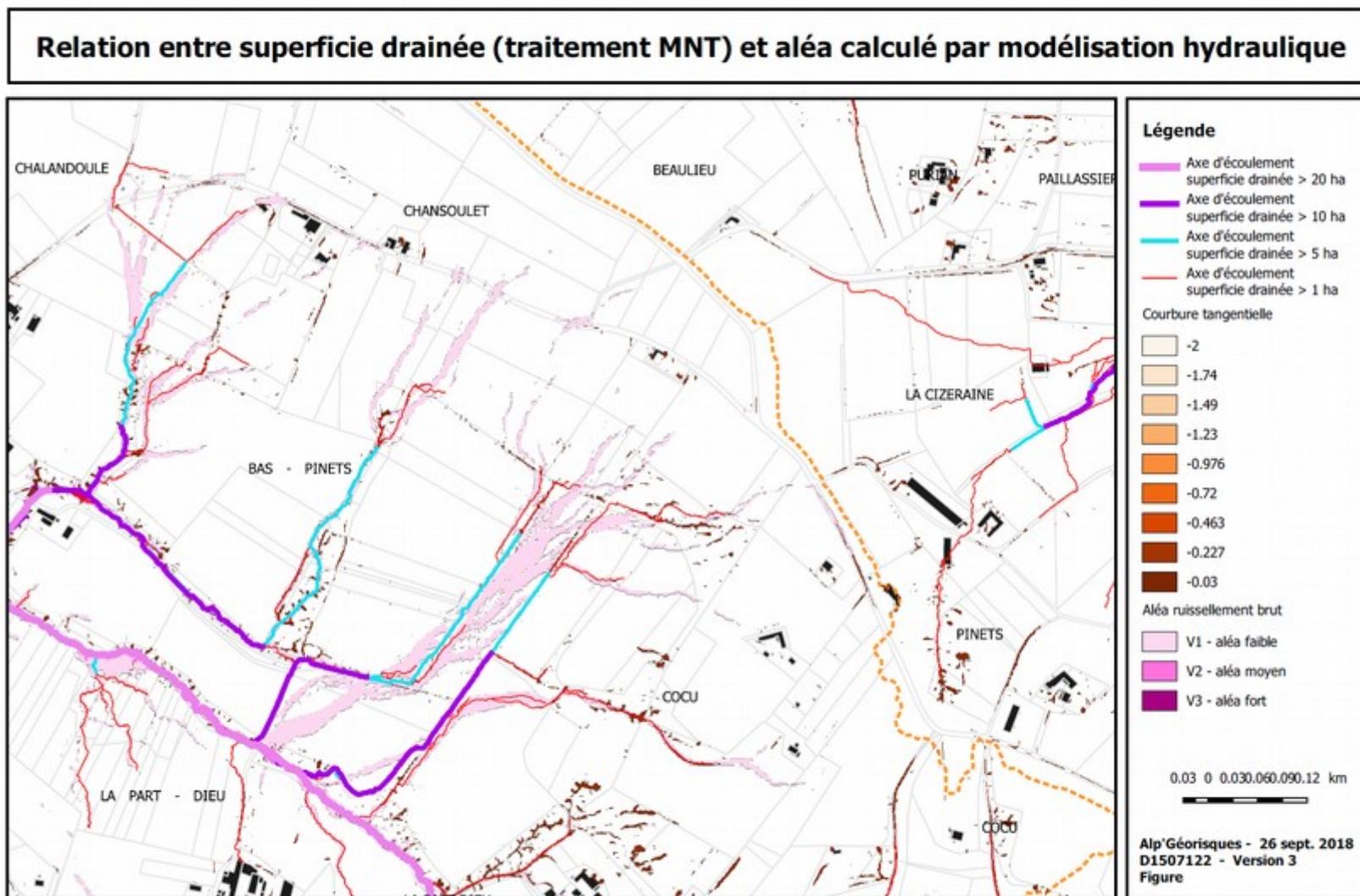


Figure VI.3: Relation entre superficie drainée et aléa - secteur au sud-est du bourg de Chatuzange

Néanmoins la concordance entre superficie drainée et début de l'aléa V1 est suffisamment bonne pour qu'il soit pris pour hypothèse que dès une superficie drainée de 1 ha environ, l'aléa faible de ruissellement V1 apparaît.

VI.3. Ruissellement de moyenne intensité (aléa V2)

La Figure VI.4 et la Figure VI.5 montrent l'aléa V2 avec la superficie drainée (initialisation du réseau de drainage) et la valeur de la courbure tangentielle.

On observe que l'aléa V2 se manifeste en général pour une superficie drainée supérieure à 10 ha et une valeur de courbure tangentielle inférieure à -0,03. C'est pourquoi ces deux conditions devront être remplies pour cartographier de l'aléa V2.

VI.4. Ruissellement de forte intensité (aléa V3)

Il n'existe pas suffisamment de zones identifiées en aléa fort de ruissellement V3 obtenu par modélisation hydraulique, pour établir une relation avec des paramètres morphométriques du terrain. Par conséquent, cet aléa n'est pas cartographié dans les zones à plus faible enjeu.

VI.5. Synthèse

Sur la base d'un traitement numérique du MNT de Chatuzange, pour les zones à plus faibles enjeux, la cartographie de l'aléa ruissellement repose donc sur les principes suivants :

- aléa faible V1 dès une superficie drainée de plus de 1 ha,
- aléa moyen V2 dès une superficie de 10 ha et une valeur de courbure tangentielle (« tangential curvature » en anglais) inférieure ou égale à -0,03,
- aléa V2 dans les combes dès une superficie de 1 ha et une valeur de courbure tangentielle inférieure ou égale à -0,03,
- aléa V3 non cartographié car il n'y a pas suffisamment de cas pour lesquels il est possible d'établir une relation entre la modélisation numérique et le traitement numérique du MNT.

Chatuzange-le-Goubet (26) - Cartographie de l'aléa ruissellement

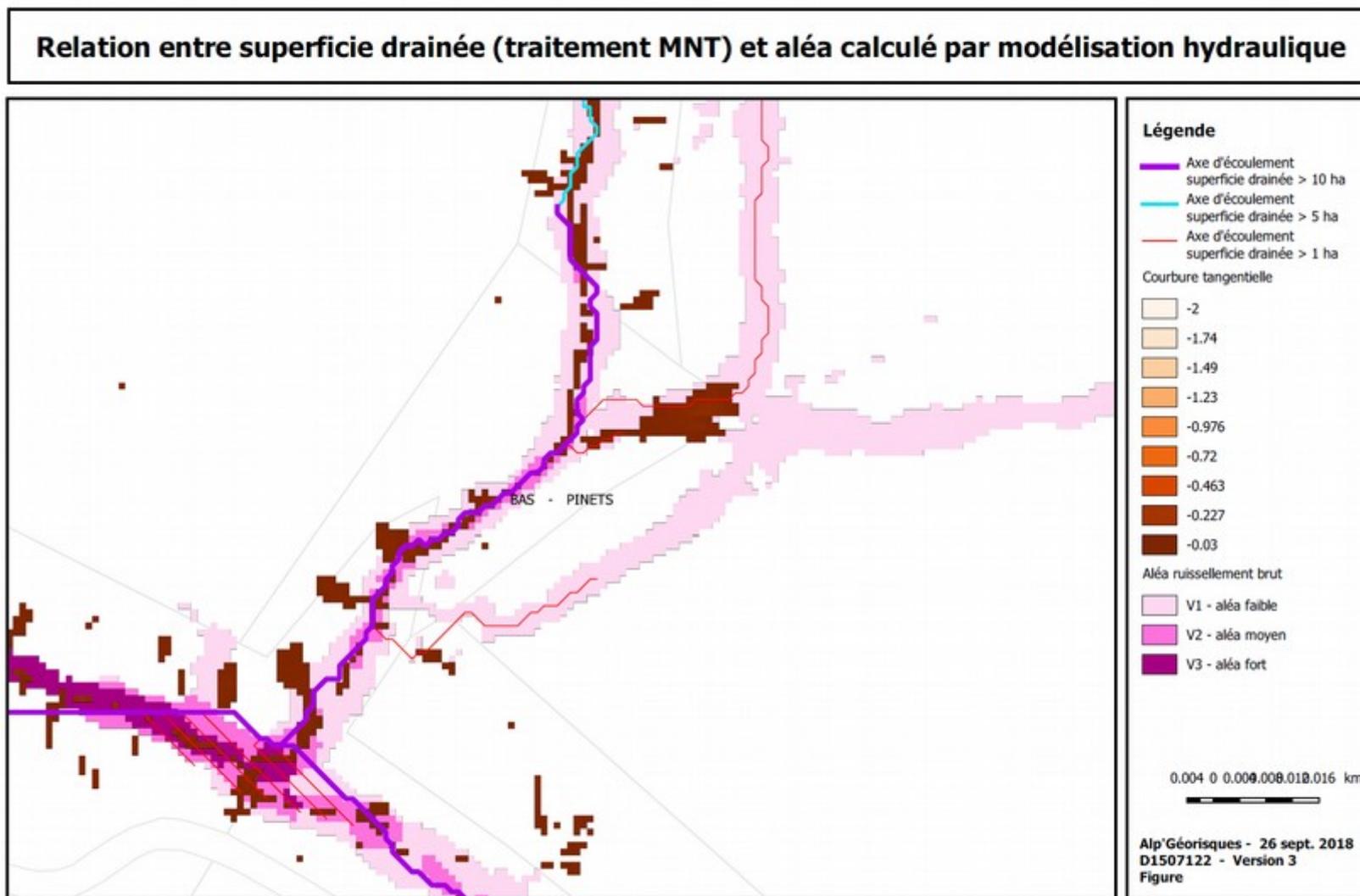


Figure VI.4: Relation entre superficie drainée, courbure tangentielle et aléa – lieu-dit Bas-Pinets

Chatuzange-le-Goubet (26) - Cartographie de l'aléa ruissellement

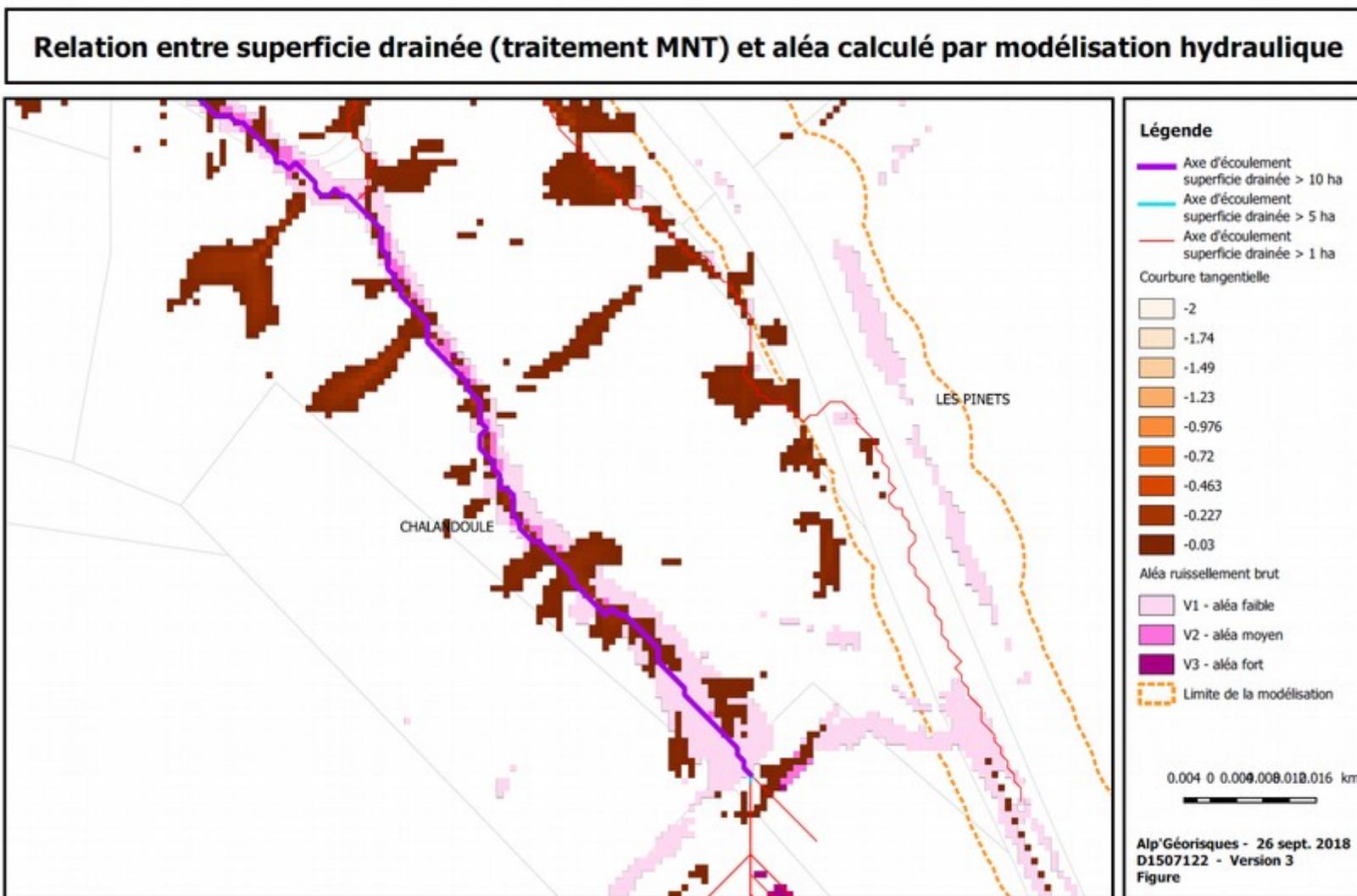


Figure VI.5: Relation entre superficie drainée, courbure tangentielle et aléa - lieu-dit "Chalandoule"

VII. Établissement d'une relation pour identifier l'aléa accumulation des eaux de ruissellement

A la section V, la méthodologie pour identifier les axes d'écoulement probables a été décrite.

Après comparaison entre les résultats des simulations hydrauliques et l'allure générale des axes d'écoulement, il a été établi une relation pour identifier les zones d'accumulation. Comme exemple, la Figure VII.1 superpose ces deux résultats numériques pour les lieux-dits Chalandoule et Charlieu.

Il ressort que dans les zones d'accumulation d'eau, une densification des axes de ruissellement se manifeste, axes qui sont parallèles entre eux à l'exception de l'axe d'écoulement principal. Cette caractéristique a été identifiée dans plusieurs autres zones du territoire de Chatuzange.

En analysant le MNT de ces zones, il apparaît en général que le terrain présente un point bas avec une zone de rehaussement en bordure aval de cette zone. Après analyse des orthophotos ou validation de terrain, ce rehaussement est en général formé par une structure linéaire de type remblai routier, avec ou sans passage busé.

Pour calculer l'emprise de la zone d'accumulation, celle-ci représente celle occupée par les axes d'écoulement parallèles entre eux. Quant à son intensité, des profils de terrain depuis le MNT permettent d'apprécier la profondeur de cette zone entre son point bas et le début de celle-ci. Son intensité est alors définie selon la grille présentée dans le texte principal.

Chatuzange-le-Goubet (26) - Cartographie de l'aléa ruissellement

Relation entre les axes d'écoulement et les zones d'accumulation des eaux de ruissellement

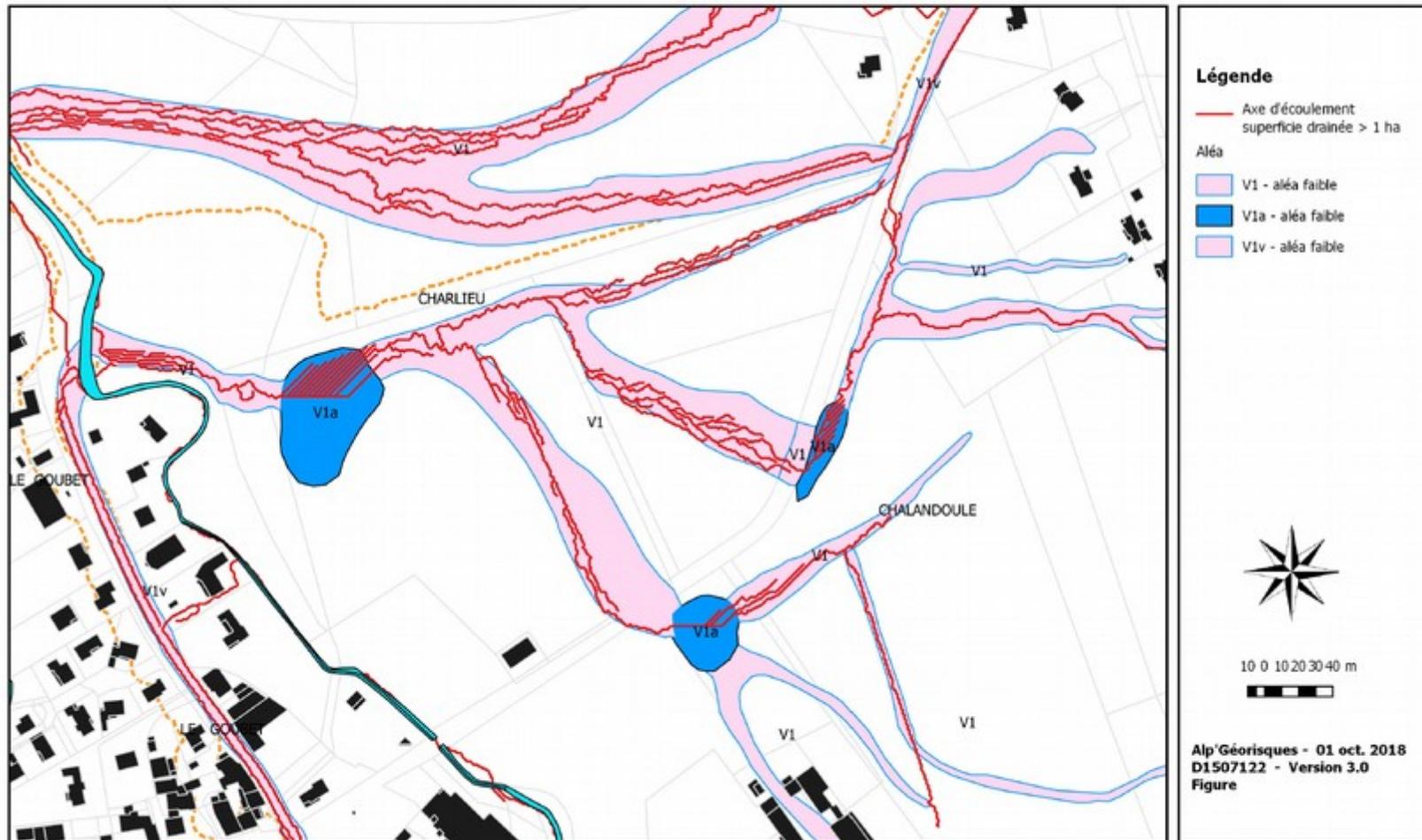


Figure VII.1: Superposition de l'aléa accumulation des eaux de ruissellement et les axes d'écoulement aux lieux-dits Chalandoule et Charlieu

VIII. Bibliographie

Conrad, O., Bechtel, B., Bock, M., Dietrich, H., Fischer, E., Gerlitz, L., Wehberg, J., Wichmann, V., and Böhner, J. (2015): System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) v. 2.1.4, Geosci. Model Dev., 8, 1991-2007, doi:10.5194/gmd-8-1991-2015

GRASS Development Team, 2018. Geographic Resources Analysis Support System (GRASS) Software, Version 7.4.1. Open Source Geospatial Foundation. <https://grass.osgeo.org>

QGIS Development Team (2016). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>. Version 2.18.18.

VIII.3. Annexe 3 : Cartes des aléas hydrauliques de la commune de Chatuzange-le-Goubet



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/>