



**AfricaGIS 2021**

*Geospatial Innovation & Science for  
Africa's growth & sustainable development*

Abidjan, Côte d'Ivoire | Nov 22 – 26, 2021

# **Modélisation des chutes de blocs rocheux dans la ville de Ngaoundéré (Cameroun)**

## ***Modeling of Rocky boulder falls in the city of Ngaoundéré (Cameroon)***

**Par :  
Michel TCHOTSOUA**



**ACAGER**  
Association pour la Cartographie et la  
Gestion des Ressources



**THE WORLD BANK**



**GFDRL**

**ACP-EU Natural Disaster Risk Reduction Program**  
An initiative of the African, Caribbean and Pacific Group, funded by the European Union and managed by GFDRL

**crealp**  
Centre de recherche sur l'environnement alpin  
Zentrum für alpine Umweltforschung  
Research center on alpine environment



01

## INTRODUCTION GENERALE

---

Contexte, problématique, objectifs

02

## METHODOLOGIE

---

Zone d'étude, méthodes et données

PLAN

03

## RESULTATS

---

Modélisation de la dynamique des blocs

04

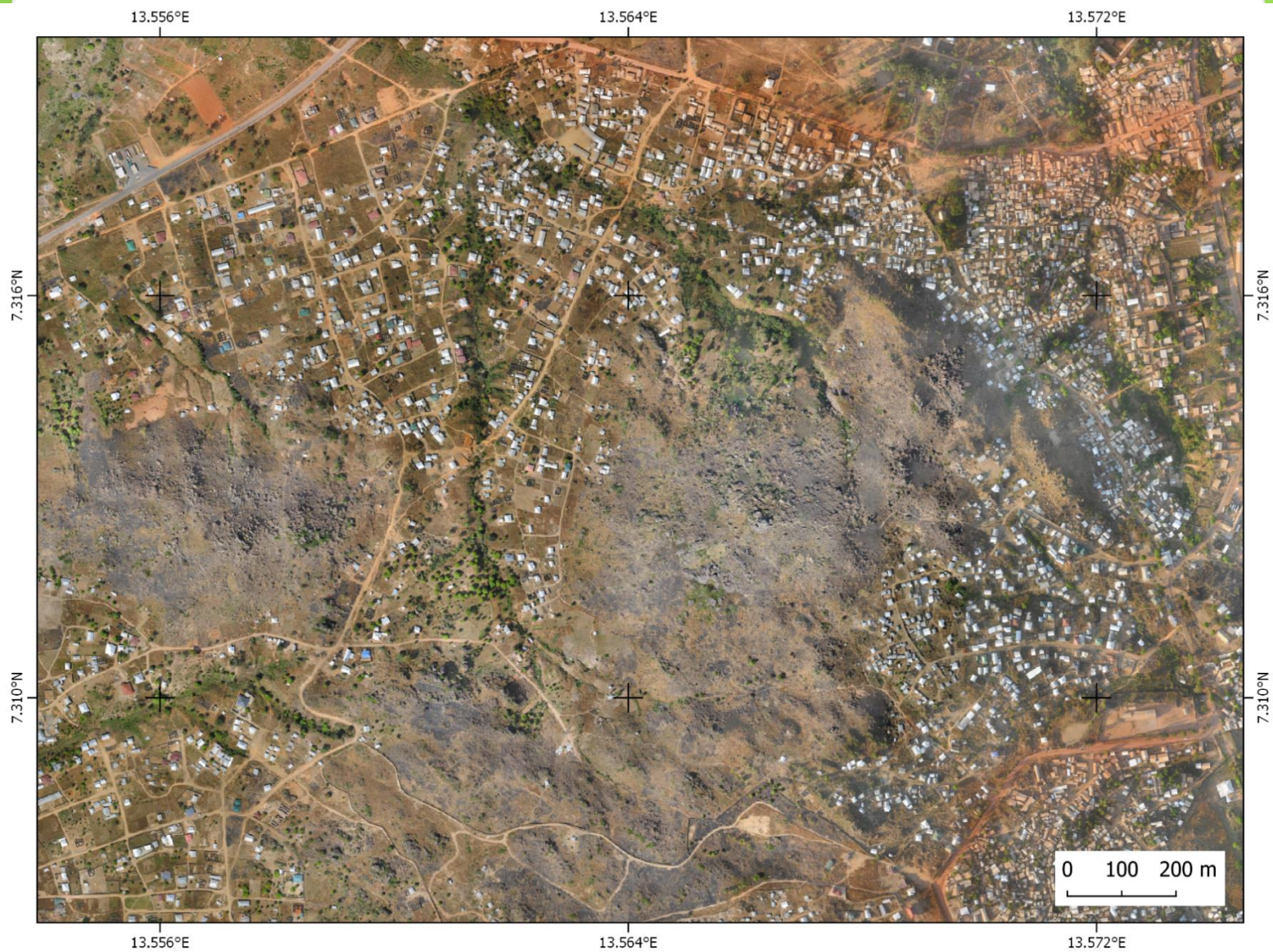
## DISCUSSION ET CONCLUSION

---

## INTRODUCTION GENERALE

- Population : 250 000 habitants en 2021
- Localisation sur les hautes terres et en marge sahélienne.
- Ville soumise aux effets de changements climatiques de plus en plus extrêmes.
- Une urbanisation accélérée et essentiellement non planifiée
- Ce type d'urbanisation, renforce les mécanismes de production des risques naturels tels que les inondations et les éboulements de blocs rocheux.







# CONTEXTE



# ❑ Questions scientifiques et objectifs

## Questions scientifiques

- Est-ce que certaines de ces blocs ne pourront pas, dans un proche avenir, rouler sur certaines de ces maisons construites sans permis de bâtir et sur des sites à risques ?
- Si oui, que faire ?

## Objectifs

- Simuler les descentes blocs à risques et évaluer les dégâts.
- Proposer de stratégies pour éviter sinon, réduire les conséquences.

## ❑ Questions scientifiques et objectifs

**La priorité de ce projet, dont une partie des résultats doit être présentée des suite, étaient de mieux porter la conscience du risque vers les parties prenantes en vue de mieux asseoir ses quatre piliers que sont :**

- La protection,**
- La prévention,**
- L'information,**
- La gestion de crise.**

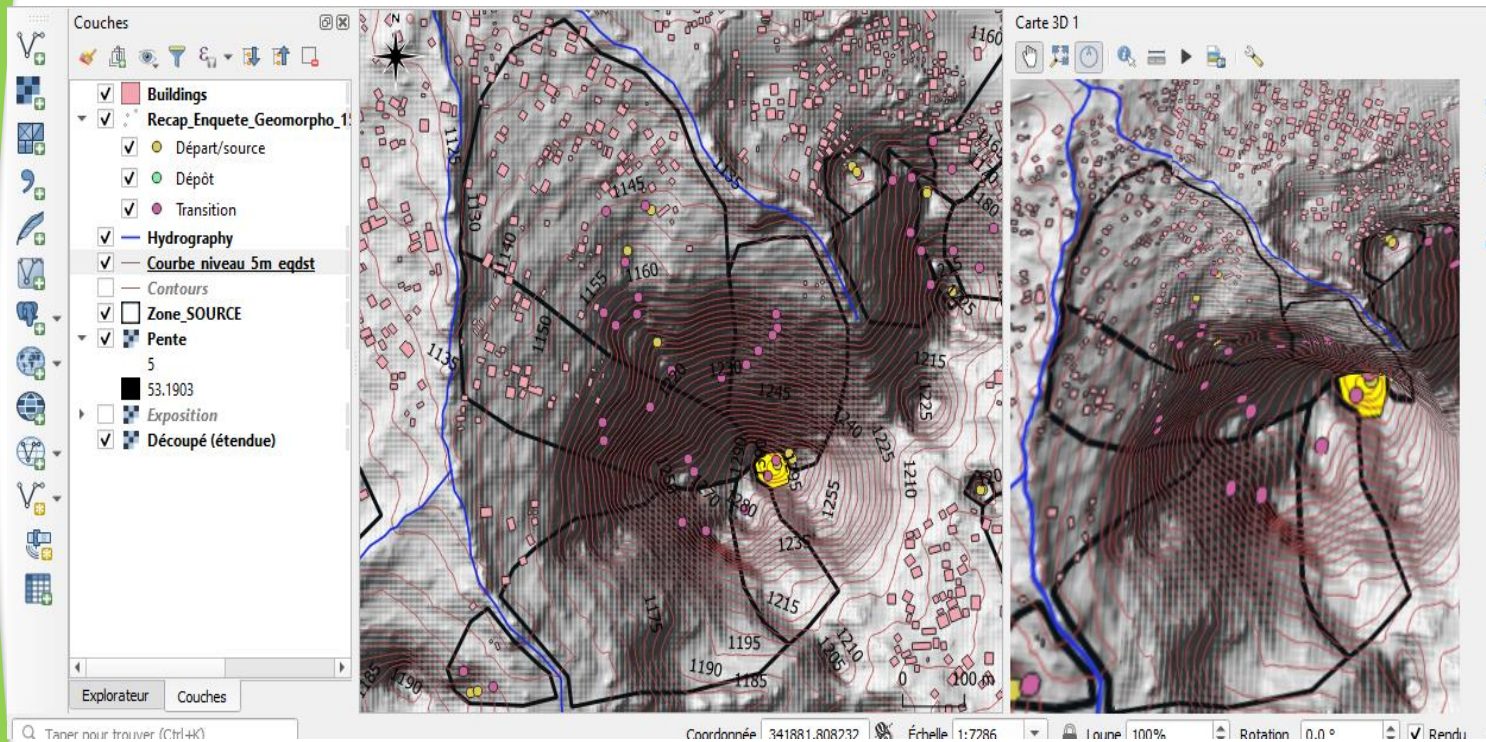


# MÉTHODOLOGIE

Zone d'étude, méthodes et données



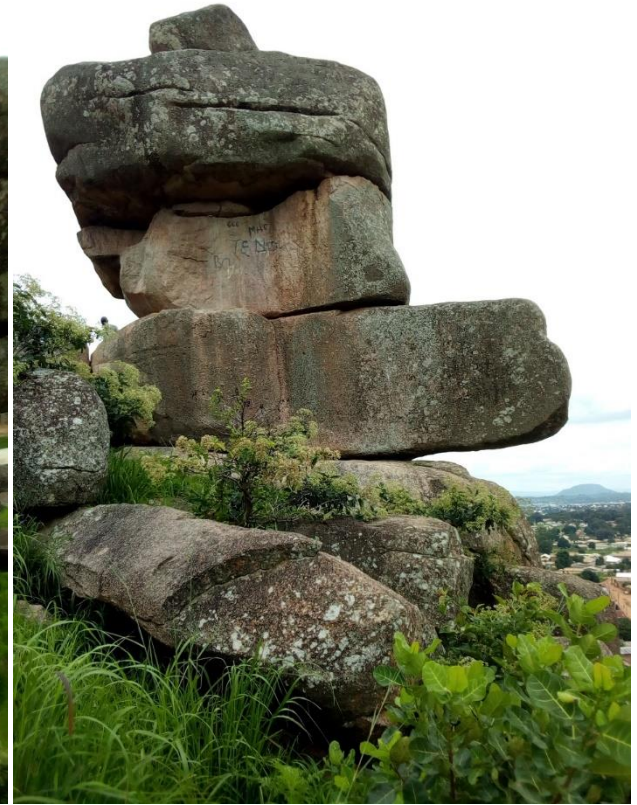
# Relief de la zone d'étude



## Blocs granitiques dans une zone source au quartier Gambara



**Vue arrière des blocs granitiques**



**Vue de profil des blocs granitiques**



# 1 OUTILS ET MÉTHODES DE TERRAIN (1/2)

## Outils de terrain

- Blocs notes
- Stylos & craies
- Décamètres
- Tablettes



GPS Essentials

Appareil photo

Maps.me

Boussole

## OUTILS ET MÉTHODES DE TERRAIN (2/2)

## Fiche de collecte des données

- ✓ La première partie de la fiche d'enquête: la date, le lieu, le nom de l'enquêteur, le numéro du polygone, la valeur de la pente et la situation de la zone d'étude
- ✓ La deuxième et la troisième partie renseignent sur : forme, dimensions, densité du bloc rocheux ; type de sol et de matériaux sous le polygone ;
- ✓ La quatrième et la cinquième partie présentent la rugosité du versant, la taille d'arbres représentatifs ; les marques ou indicateurs témoins au niveau de la zone de dépôt.

ecoris.Q

Table 1 : Champ d'enregistrement de la couche pour la simulation des chutes de pierres avec Rockyfor3

Général			
Date*	N° du polygone		¶Tout polygone doit représenter une unité de sur
Lieu*	Angle de la pente	(%)	homogène, la taille variera en fonction de l'échel
Nom*	Zone source	<input type="checkbox"/> Départ/source	<input type="checkbox"/> Transition <input type="checkbox"/> Dépê

Caractéristiques du polygone

1- Prédominance des blocs (déposés dans le polygone ou qui pourraient éventuellement se détacher de leur lieu de dépôt)

Type de roche :	<input type="checkbox"/> Granite	<input type="checkbox"/> Gabbro	<input type="checkbox"/> Gneiss	<input type="checkbox"/> Basalte
-----------------	----------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	----------------------------------

Forme du bloc :	<input type="checkbox"/> 1. Rectangulaire	<input type="checkbox"/> 2. Ellipsoïde	<input type="checkbox"/> 3. Sphère	<input type="checkbox"/> 4. Disque
-----------------	---	--	------------------------------------	------------------------------------

Dimensions du bloc (d1, d2, d3)	ad1 : grand axe, d2 : petit axe d3 : hauteur du bloc	x	.....(m)	x	.....(m)	x	.....(m)
---------------------------------	--	---	----------	---	----------	---	----------

Densité des blocs en (kg/m <sup>3</sup> )	<input type="checkbox"/> [2,4-2,7] (Granite)	<input type="checkbox"/> [2,9-3,1] (Gabbro)	<input type="checkbox"/> [2,7-2,8] (Gneiss)	<input type="checkbox"/> [2,7-3,2] (Basalte)
---	--	---	---	--

2- Type de sol sous le polygone (bloc)

Matériaux constitutifs du sol	<input type="checkbox"/> Rivière/ marcage sur autres matériaux dans lequel le bloc pourrait s'enfoncer complètement	<input type="checkbox"/> Sol à matériau fin (profondeur $\approx 100$ cm)	<input type="checkbox"/> Sol fin avec une profondeur $\approx 100$ cm mélange de sable et de gravier dans la vallée	<input type="checkbox"/> Éboulis (Ø<=10cm) moyens et compacts sur sols contenant des fragments de blocs/Chemin de forêt	<input type="checkbox"/> Talus d'éboulis (Ø>=10cm) profond, sol compact avec de grands fragments de bloc	<input type="checkbox"/> Roche-mère avec une légère couverture du sol (arène ou formation superficielle)	<input type="checkbox"/> Roche-mère	<input type="checkbox"/> Roche-mère
Type de sol (données utiles pour générer des modèles3D)	0	1	2	3	4	5	6	

3- La rugosité du sol sous le polygone (bloc)

MOH 70% : type et taille normale de l'obstacle sur une surface pour une profondeur en (m) à laquelle les blocs pourraient être confrontés à 70 %, 20 %, 10%		<input type="checkbox"/> MOH pour 70% de la zone d'échantillonnage (rg 70%) 0-10 <input type="checkbox"/> MOH pour 20% de la zone d'échantillonnage (rg 20%) 0-10 <input type="checkbox"/> MOH pour 10% de la zone d'échantillonnage (rg 10) 0-10 10 % = grand obstacle rig. = 0,15 m 20 % = obstacle moyen rig. = 0,1 m 20 % = faible obstacle rig. = 0,03 m C.-à-d. qu'une rugosité de 70 % est plus favorable aux éboulements
Présence d'arbres*	Taille moyenne = ..... m	Couverture du sol = ..... %

4- Forêt

Taille la plus représentative au niveau de la parcelle en ..... m x ..... m (superficie)	
DBH (cm)	¶DBH : diamètre à hauteur de poitrine (habituellement, on mesure 1,3 m à partir de la racine au niveau des troncs d'arbres).
Enregistrer des DBH à 5 cm mesurés sur parcelle : exemple : 8 ; 31 ; 17 ; 13...	
Racine/ha	
DBH moyen (cm)	Circonférence ..... %
Stdev DBH (cm)	
Espèces (lister)	

5- Les indicateurs de l'activité des chutes de blocs/Témoins ou indicateurs muets

Nombre moyen d'impact de chutes de bloc sur les arbres		Hauteur de l'impact du bloc sur l'arbre	
Profondeur de l'impact (m)		Un dépôt récent dans le polygone	Oui/Non
Heure de prise	.....h.....min		

7- Remarques/Autres observations et commentaires

*Informations optionnelles	#Explications
----------------------------	---------------



2.

## OUTILS ET METHODES DE LABORATOIRE

### ☐ Matériel et applications de Laboratoire

#### Matériel

Ordinateurs I7 et I5  
Processeur: 2,6 GHz\*4  
Ram: 8go  
Disque dur 1to

#### App

EXCEL



Google Earth Pro



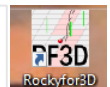
QGIS  
3.14



SAGA



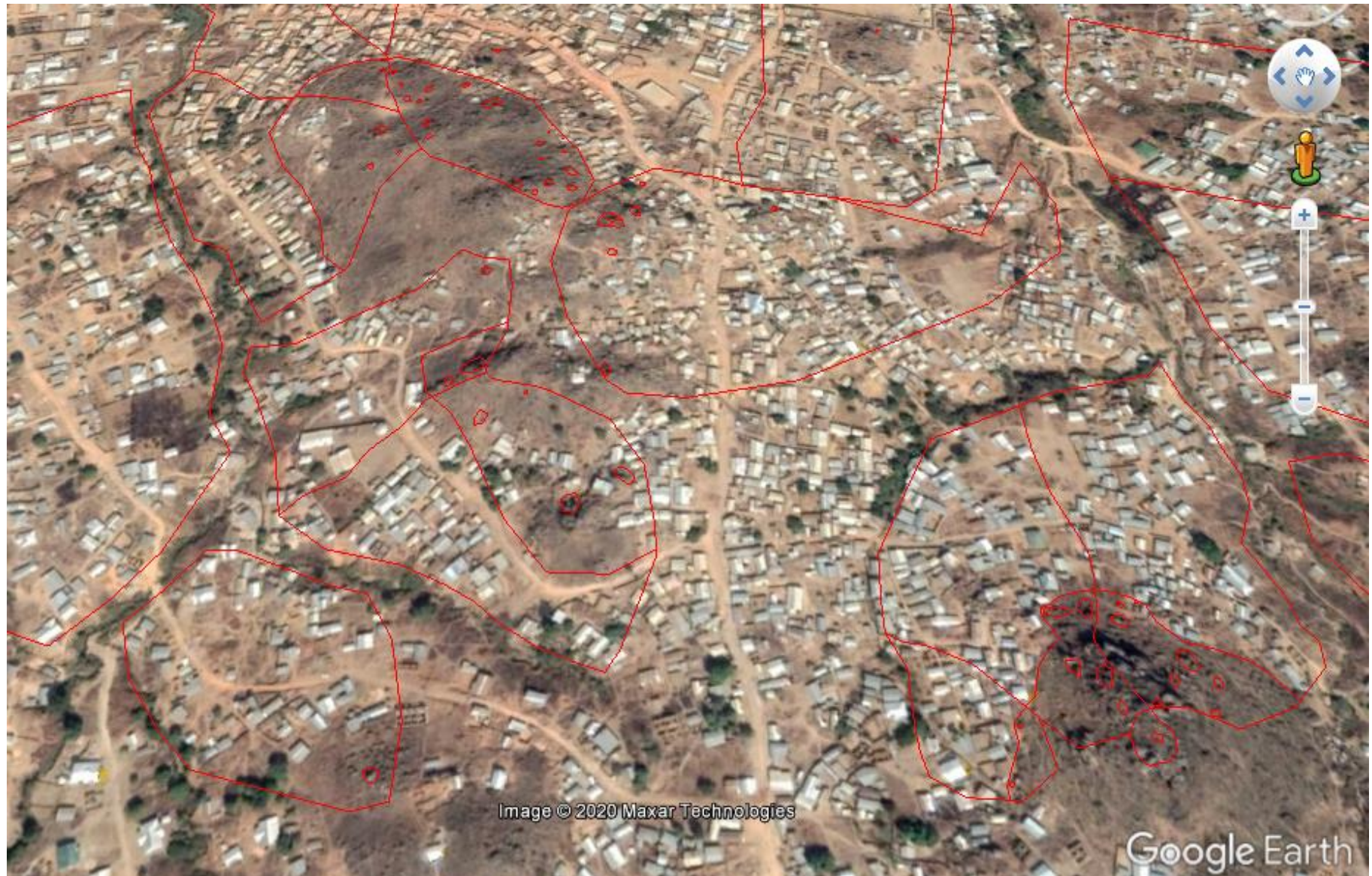
Rockyfor3D



### 3. Dépouillement des données sous Excel

H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	
Caractéristique des blocs prédominants		Caractéristique du bloc à risque								Type de sol		Rugosité du sol sous le polygone		
Type de roche	forme de bloc	Longitude (E) X	Latitude (N) Y	Altitude (m) Z	Précision P	Dimension de la hauteur (D1)	Dimension de la largeur (D2)	Dimension de la longueur (D3)	densité du bloc	Type de sol	Matériaux constitutifs du sol	MOH pour 70% de la zone d'échantillonnage (rg70)	MOH pour 20% de la zone d'échantillonnage (rg20)	MOH pour 10% de la zone d'échantillonnage (rg10)
Granite	Ellipsoïde	13,56877	7,31667	1152,00	1,10	3,90	2,49	4,90	[2,4-2,7]	5	Roche-mère avec un peu de sable	0,68	2,25	0,35
Granite	Disque	13,56870	7,31606	1180,00	1,10	9,00	6,00	4,00	[2,4-2,7]	5	Roche-mère avec un peu de sable	1,3	1,7	0,7
Granite	Disque	13,56861	7,31531	1178,00	1,00	6,60	6,00	5,50	[2,4-2,7]	5	Roche-mère avec un peu de sable	0,7	1,5	0,4
Granite	Ellipsoïde	13,57092	7,31402	1182,00	1,00	4,00	3,00	8,00	[2,4-2,7]	5	Roche-mère avec un peu de sable	0,45	0,75	0,25

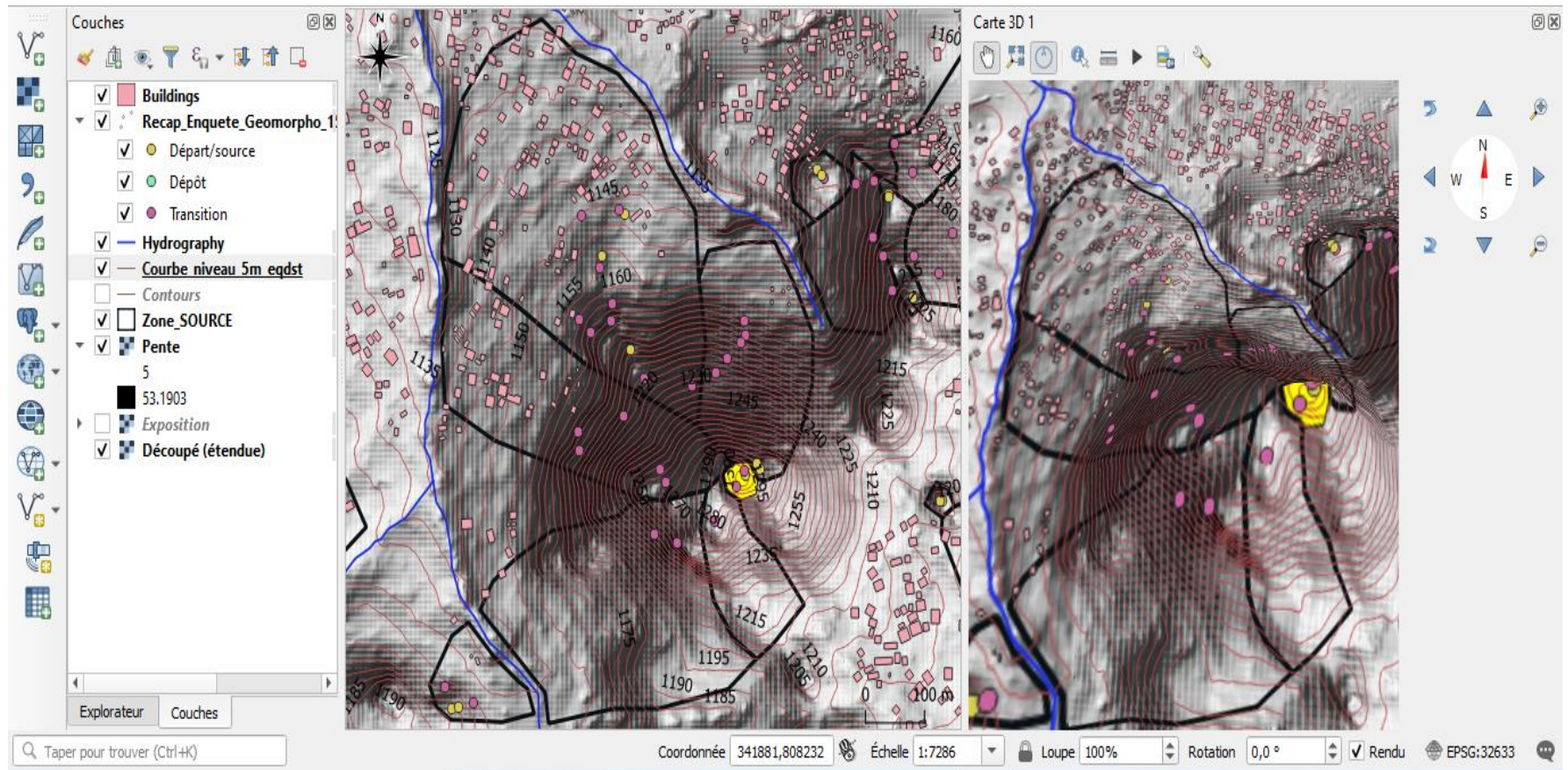
# Vérification et validation des données sous Google



**Vue aérienne et partielle du mont Burkina**



# Préparation des couches d'entrée du modèle sous QGIS

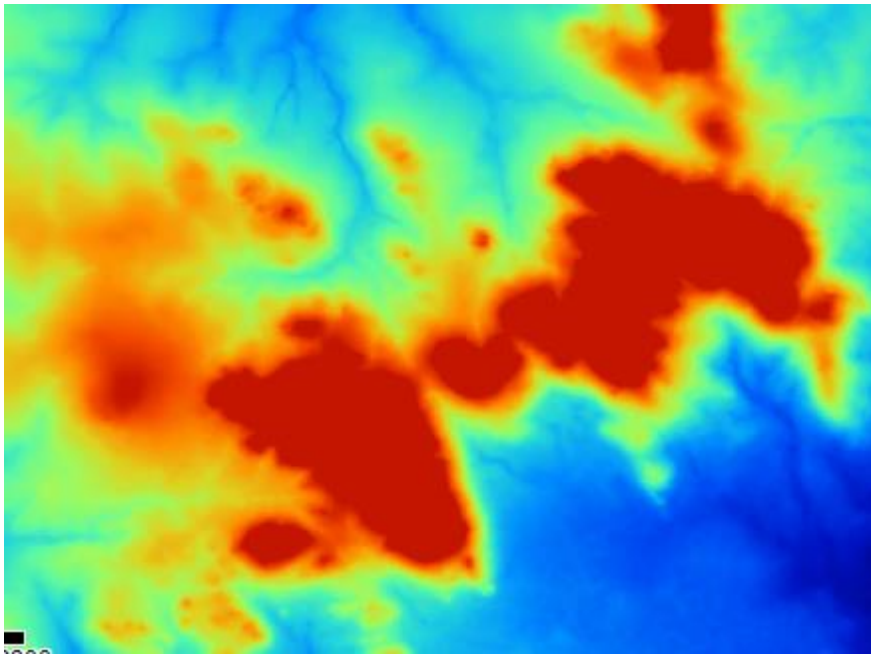


## Superposition des couches sur QGIS 3.14

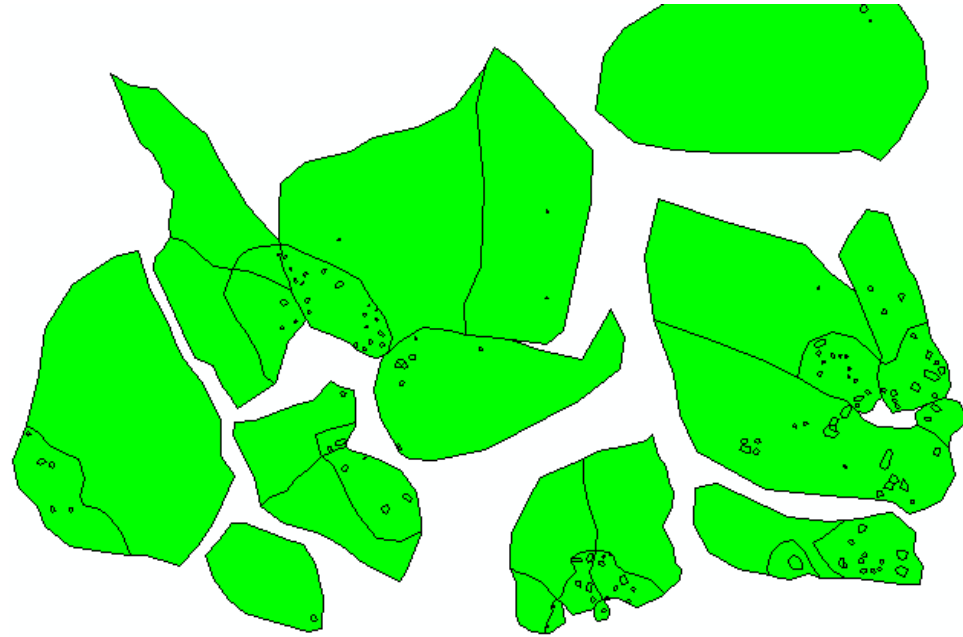


# Préparation des données sous SAGA

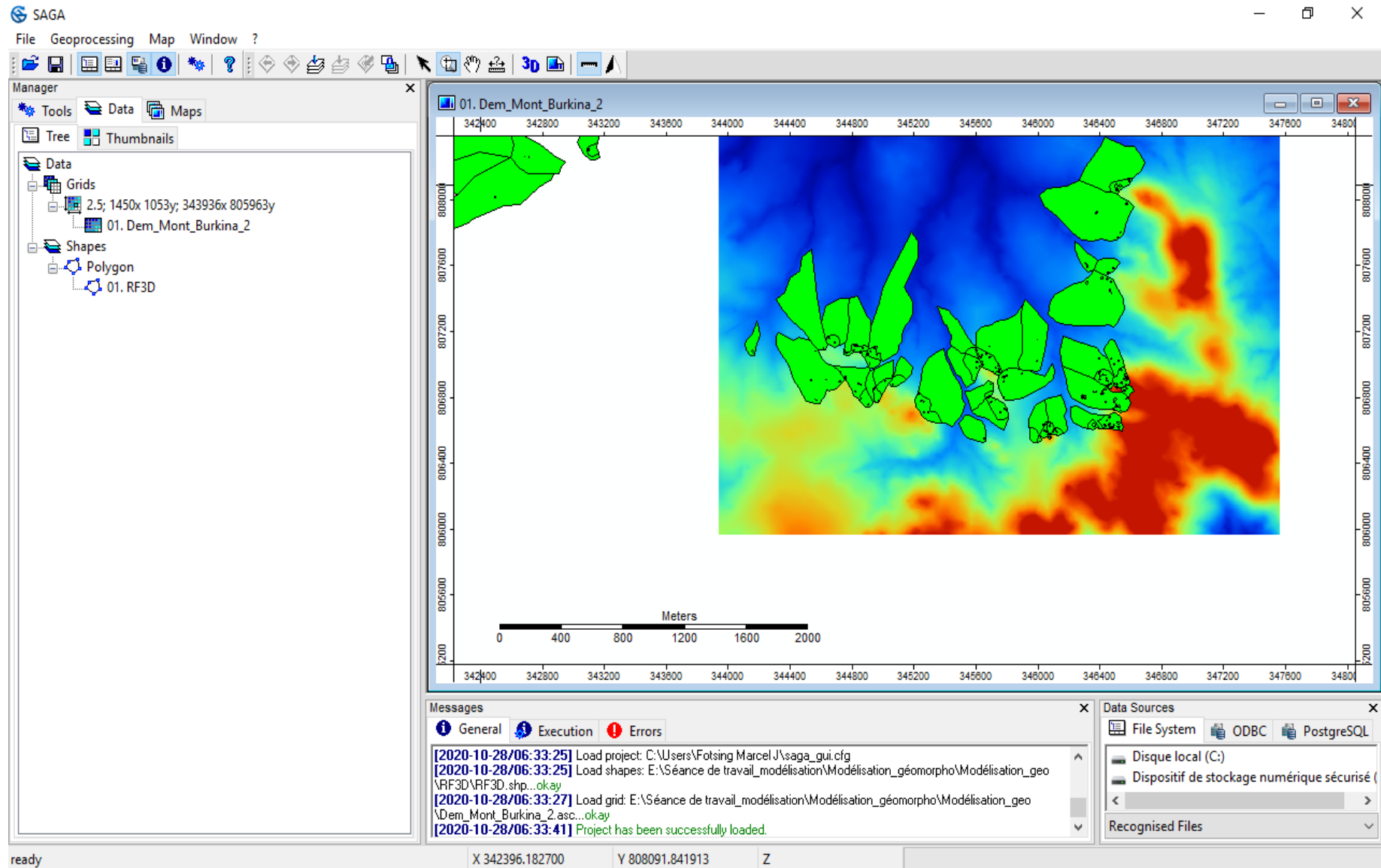
## Couche matricielle




## Couche vectorielle



# Préparation des données sous SAGA



# Interface de Rockyfor3D

 Rockyfor3D

Working directory 

Browse

About Rockyfor3D

Simulation settings

Number of simulations

Variation of rock volume (%)

Additional initial fallheight (m)

☒ Using input rasters

☐ Rapid automatic simulation

Block definition

Rock density (kg/m3)

Block dimensions (m) ☒ d1.asc, d2.asc, d3.asc

☐ custom

Block shape

Protective measures

Simulation using forest

Simulation using nets

Reset Settings

Run Simulation

Messages

Block trajectories will be displayed here after simulation.

Once simulation is done, you can plot a slope profile: click the start point in the above window, drag the mouse to the end point then click "Plot"

First point (x,y):

Second point (x,y):

Plot

19

# Paramétrage du processus de Modélisation sous Rockyfor3D

Rockyfor3D

Working directory

E:/Séance de travail\_modélisation/Modélisation\_géomorpho/Modélisation\_geo/Rockyfor3D\_Data\

Browse

About Rockyfor3D

Simulation settings

Number of simulations

1000

Variation of rock volume (%)

+/- 5

Additional initial fallheight (m)

1.0

☒ Using input rasters

☐ Rapid automatic simulation

Block definition

Rock density (kg/m3)

rockdensity.asc

Block dimensions (m)

☒ d1.asc, d2.asc, d3.asc

☐ custom

0,2

0,2

0,2

Block shape

bl\_shape.asc

Protective measures

Simulation using forest

No Trees

Simulation using nets

No nets

Reset Settings

Run Simulation

Messages

Block trajectories will be displayed here after simulation.

Once simulation is done, you can plot a slope profile: click the start point in the above window, drag the mouse to the end point then click "Plot"

First point (x,y):

0

0

Second point (x,y):

0

0

Plot

20



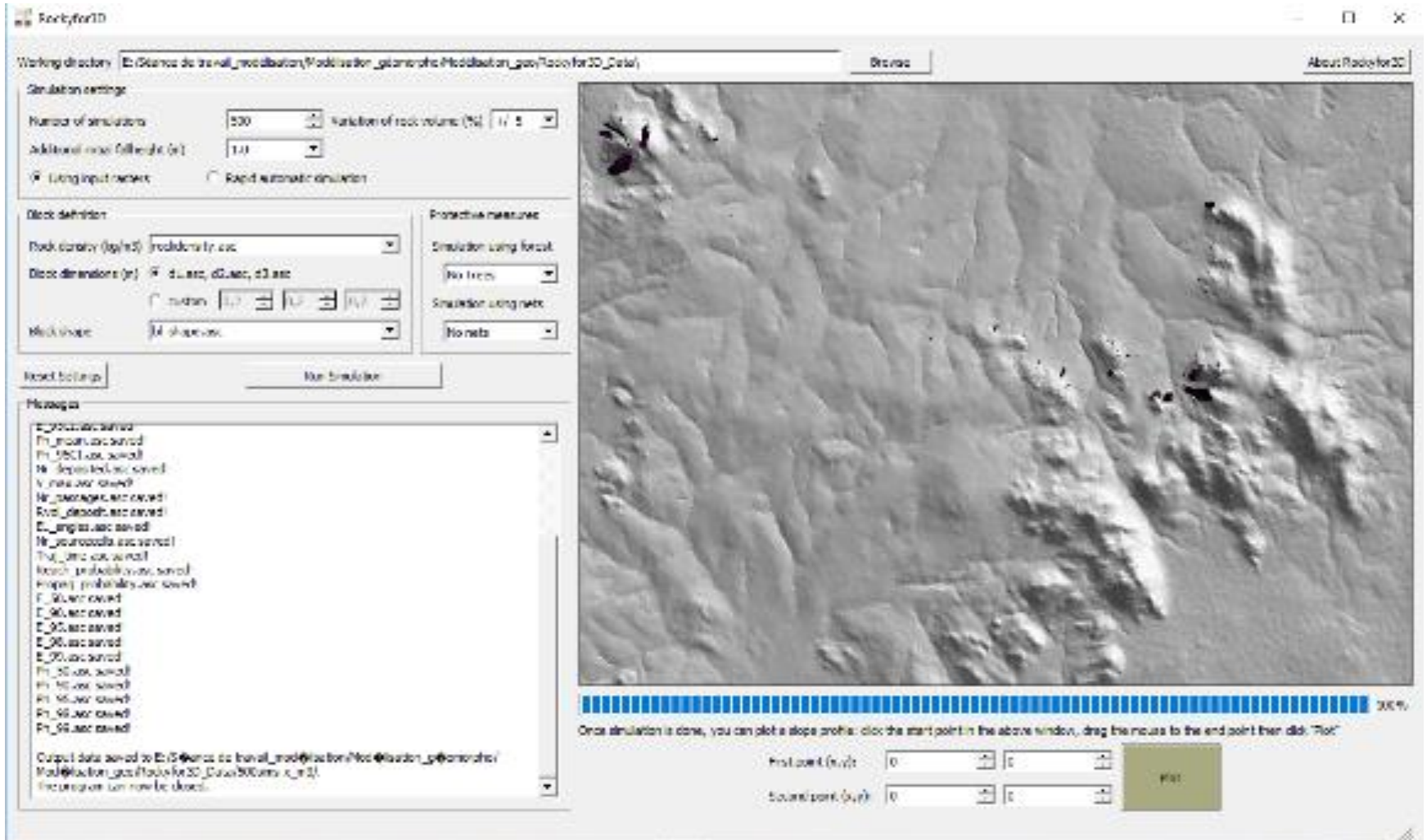


## RESULTATS

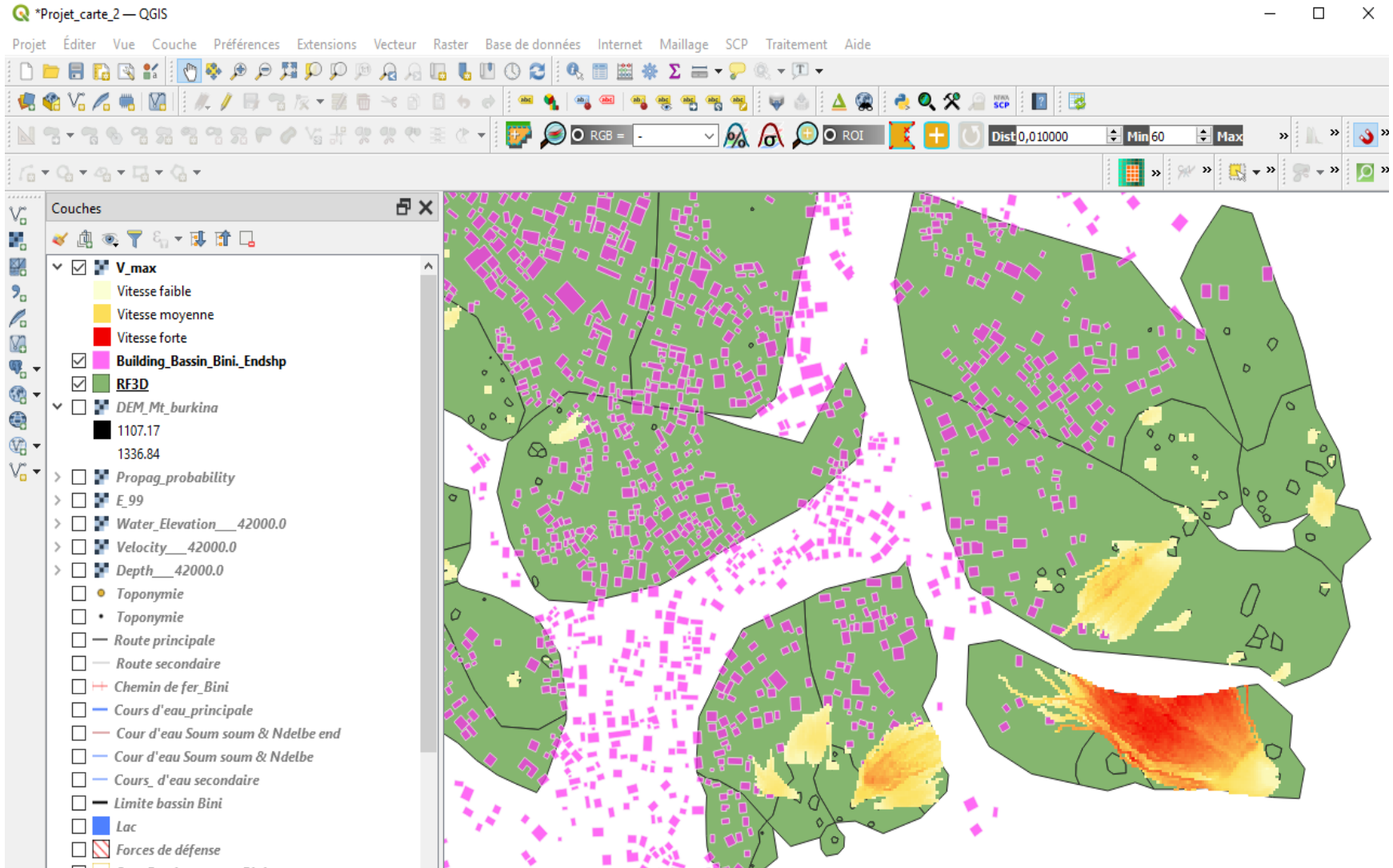
**Modélisation de la dynamique des blocs**

### 3 RÉSULTATS

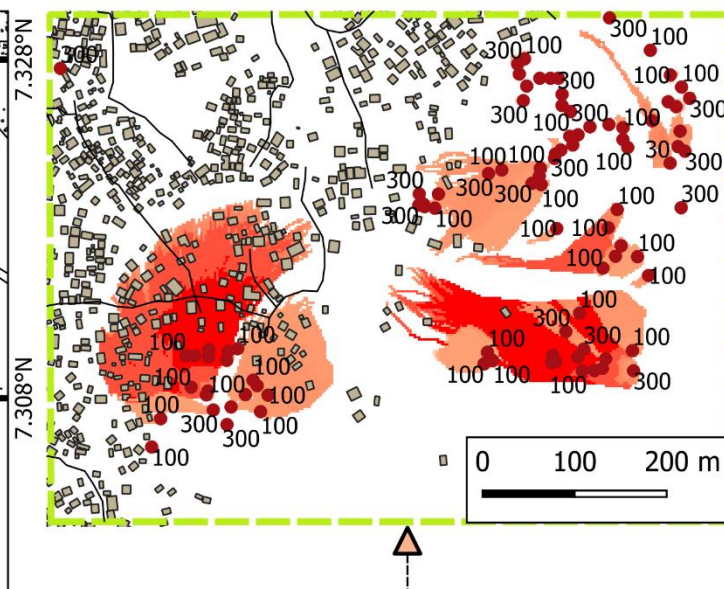
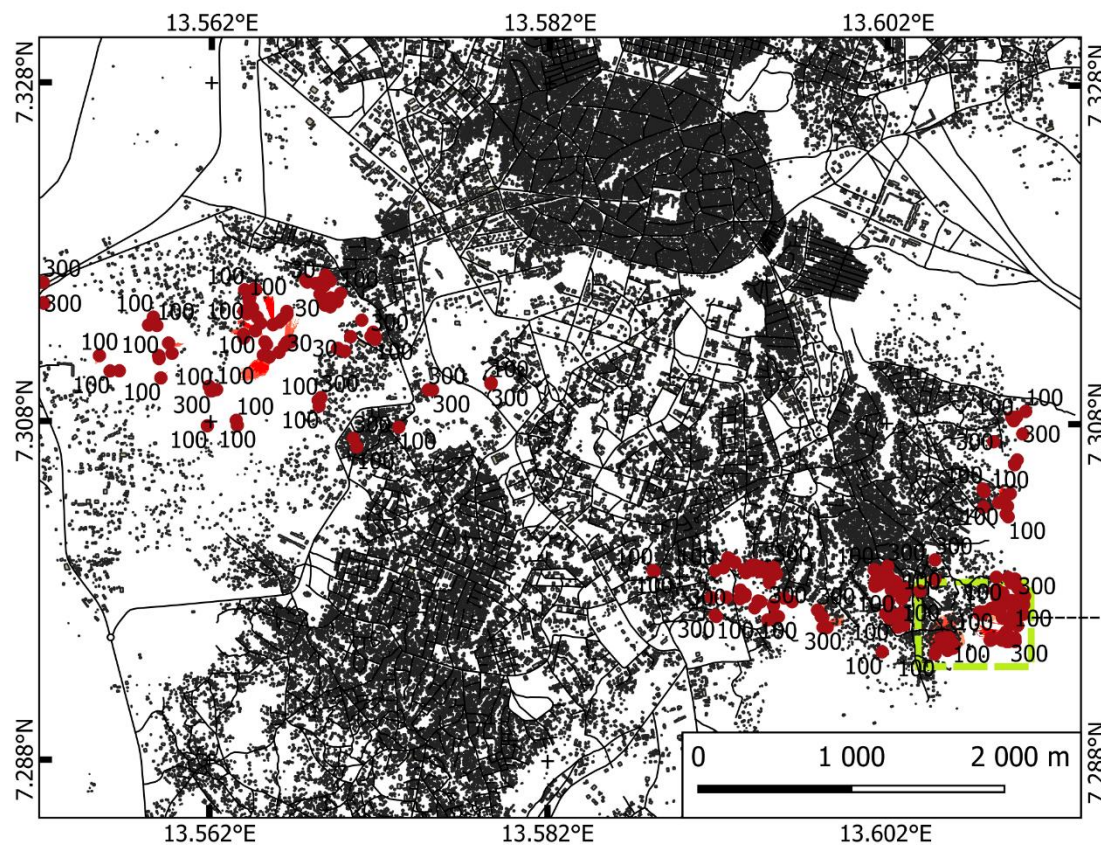
## ❑ Fin de la simulation



# Ouverture du résultat sur QGIS







### Légende

- |                              |                |
|------------------------------|----------------|
| ● Bloc à risque              | Zone de danger |
| — Rue et piste               | □ Faible       |
| ■ Building                   | □ Moyen        |
| □ Zoom sur le mont Ngaoundai | ■ élevé        |

#### Sources :

- base de données OpenStreetMap, 2020 ;
- levés de terrain, 2020 ;
- MNT Ngaoundéré (2,5 m de résolution spatiale).





## DISCUSSION ET CONCLUSION

La modélisation montre que le niveau de danger lié aux chutes de blocs rocheux peut être subdivisé en trois principales classes : la probabilité de propagation faible (aléa non significatif) ; moyenne et forte (aléa significatif)

Au total en 2020, **70 habitations** dont 56 sur les versants des monts Ngaoundai et 14 sur les monts Ngaoundéré, sont situés sur les trajectoires possibles à risque moyen et élevé de dévalement des blocs rocheux.

La principale limite de cette étude est l'absence de données sur la résistance des matériaux de construction (briques de terres et parpaings), étant donné que la modélisation a pour finalité de formuler des recommandations pour des actions concrètes.

Les données sur la résistance des matériaux de construction auraient été d'une utilité certaine pour affirmer avec précision, à partir de quelle résistance une maison en brique de terre ou en parpaings ne pourrait plus constituer une protection pour ses occupants.

# □ REMERCIEMENTS

L'Union européenne (UE) à travers :

- ✓ le Programme Afrique Caraïbes Pacifique de Prévention des Risques liés aux Catastrophes Naturelles (ACP-UE NDRR) et son initiative de financement des risques de catastrophes en Afrique (ACP-UE ADRF),
- ✓ la Facilité mondiale pour la réduction des catastrophes et relèvement (GFDRR)

La Banque mondiale (BM), qui ont financé les activités qui étayent cette étude ;

Le Centre de recherche sur l'environnement alpin (CREALP) en Suisse, pour le partage d'expériences, des techniques et des applications ;

Le Ministère de Habitat et Développement Urbain (MINHDU) du Cameroun qui a désigné le personnel en charge de suivre les travaux pour le compte de la ville de Ngaoundéré dans le cadre le cadre du Programme de Développement des Villes Inclusives et Résilientes au Cameroun (PDVIR).