

# **Rapport du TP2 du module de Modélisation de Mondes Virtuels**

Calcul de cartes de hauteurs et autres caractéristiques de terrain

Antoine BRALET (p2020363) et Guillaume DURET (p2021346)

13 Décembre 2020

# 1 Introduction

Ce rapport vise à rapporter les éléments mis en place lors du TP à propos de l'analyse de cartes de hauteurs. Plusieurs caractéristiques sont développées tout le long de ce rapport. L'ensemble des images liées aux commentaires sont disponibles en annexes pour illustration et le code mis en place pour ce TP est disponible à l'adresse : [https://github.com/Guillaume0477/Monde\\_virtuel/](https://github.com/Guillaume0477/Monde_virtuel/). Notons enfin que si les cartes sont en général enregistrées à l'aide d'une image, nous les avons également transposées en trois dimensions afin de voir plus aisément les résultats. De plus deux terrains différents sont utilisés afin de pouvoir vérifier la généralisation de nos algorithmes sur des terrains différents.

## 2 Spécificités des cartes de hauteurs

Un terrain peut se caractériser par plusieurs particularités. Les terrains que nous avons sélectionnés ont été trouvés sur internet, nous nous en servons comme initialisation à nos calculs de caractéristiques. De plus afin de pouvoir visualiser le résultat en trois dimensions, deux possibilités s'offrent à nous. En effet nous avons implémenté la création d'une image à utiliser directement sur une grille 3D dont la coordonnée "z" est modifiée selon la *Heigh Map* créée. La seconde possibilité est issue de la création d'un fichier .obj contenant les positions, les normales et les coordonnées de texture (pour visualiser les différentes cartes créées par la suite) du terrain afin de pouvoir directement charger le fichier .obj et l'afficher avec toutes ces caractéristiques (à conditions qu'elles aient été enregistrées).

Afin de rendre les calculs des sections suivantes plus aisées, plusieurs opérateurs ont été mis en place et ont débouché également sur des cartes de caractéristiques. Citons d'abord les outils tels que la normalisation, le seuillage et le calcul du gradient mais aussi les fonctions permettant de créer des cartes telles que le laplacien et la norme du gradient mais aussi et surtout des caractéristiques propres au terrain telles que la pente (qui n'est autre que la norme du gradient) et la pente moyenne. L'ensemble des cartes peuvent être trouvées en annexe A, respectivement sur les Figures 2, 3 et 4. Notons en particulier que la pente et la pente moyenne sont très similaires, en effet, en général les résultats sont très proches, la différence survient essentiellement au niveau des crêtes où l'on peut voir que la pente moyenne n'est pas strictement nulle comme peut l'être la pente. En effet, si l'on laissait la pente telle quelle, alors lors du calcul d'érosion ou d'écoulement de fluides par exemple, sachant que la pente est nulle, tout stagnerait en hauteur, alors que dans la réalité, ceci ne peut pas arriver et une direction de descente est toujours privilégiée. C'est le but principal de la pente moyenne.

Enfin une fonction permettant de visualiser le rendu à partir d'une illumination donnée mais sous forme d'une image a aussi été implémentée comme présentée en Figure 5. Nous préférons dans ce rapport illustrer nos propos à l'aide des cartes de visualisation 3D pour être plus à même de voir les zones remarquables. C'est la raison pour laquelle, seules les cartes résultantes des calculs et la modélisation 3D sont visualisables.

## 3 Calcul de caractéristiques de terrain

Plusieurs caractéristiques du terrain dont les fonctions et cartes précédentes sont le socle ont pu être implémentées et sont décrites ci-après. Les cartes obtenues à partir de ces caractéristiques sont disponibles en annexe B.

Pour le calcul de drainage plusieurs méthodes peuvent être mises en œuvre, dans tout les cas la structure est la même. La première étape consiste à partir d'une carte de stream initialisée à 1, de parcourir les points de la carte de hauteur d'origine en partant des points de plus haute altitude on réalise un système de diffusion du stream aux voisins de ces sommets en fonction des pentes. Ainsi ceci permet au fur et à mesure de la progression des sommets d'accumuler de l'énergie provenant des sommets situés en amont, les cours de descente d'eau vont ainsi pouvoir être mis en valeur de par l'accumulation d'énergie.

De plus concernant la diffusion, plusieurs stratégies sont possibles la plus simple est le steepest (figure 7) qui consiste à dire que la diffusion se faire à 100% sur le voisin qui possède la plus forte pente, le contraire est de réaliser la diffusion sur tous les voisins qui ont des pentes descendante, de plus la diffusion est pondérée de par l'importance des pentes entre les voisins qui reçoivent de l'énergie (figure 6).

A partir de ces informations il est ensuite possible d'évaluer le Stream power (figure 8) qui pourrait être utile aux calculs de courants d'eau, ou encore l'humidité (figure 9) qui encore une fois depend directement du Stream area.

La carte d'accessibilité a également pu être calculée et permet de déterminer l'occultation ambiante en chaque point de notre terrain. Pour calculer celle-ci, il est nécessaire pour chaque position de tirer plusieurs rayons aléatoirement (20 dans les Figures 10) et de tester leur intersection ou non avec le reste du terrain. De cette façon, s'il n'y a pas d'intersections, on peut en déduire que la position de départ est visible par le "ciel" et est donc plus éclairée qu'une position où il y aurait eu une intersection et qui serait donc à l'ombre du reste du terrain. Notons en particulier sur la Figure 10 que les sommets sont blanc car ils ne sont pas cachés par le terrain alors que les crevasses apparaissent très foncées car cachées par les montagnes environnantes, et enfin les bords de l'image plus plats sont également assez clairs car ils sont loin des montagnes et donc l'impact de celles-ci est moindre sur l'accessibilité en ces points de plaine. Enfin seulement 20 rayons ont été utilisés, ce qui peut expliquer l'effet bruité de l'image, si l'on augmentait ce nombre de rayons, les résultats seraient peu à peu meilleurs mais beaucoup plus longs à obtenir.

## 4 Calcul d'érosion de terrain

Afin de modéliser des contraintes naturelles, nous avons cherché à implémenter l'érosion thermique. Malheureusement les résultats ne sont pas entièrement satisfaisants. En effet, il semblerait qu'un problème de normalisation des valeurs apparaisse et que nous ne sommes pas parvenu à régler, ce qui fausse complètement les calculs. En effet les pentes  $s(p)$  ayant des valeurs de l'ordre de  $10^3$  et le  $\tan(\theta)$  valant 1 avec  $\theta = 45^\circ$ , l'équation  $\frac{\partial h(p)}{\partial t} = -k.(s(p) - \tan(\theta))$  devient donc vrai pour la plupart des sommets et par conséquent le résultat est très douteux mais le transport semble bien s'effectuer (voir Figure 11 en Annexe C pour différentes époques en utilisant des facteurs multiplicateurs empiriques). On peut en effet noter que les zones de basses altitudes semblent avoir gagné en altitude, et les zones de fortes altitudes en ont perdu. Néanmoins, un phénomène de "pointillisme" apparaît, car d'une itération à l'autre, tout le sable se déplace en même temps et en une seule fois, ce qui laisse beaucoup de zones vides de sable et d'autres avec un amas de sable très conséquent (ce que l'on souhaitait particulièrement éviter. Actuellement l'algorithme est codé à l'aide d'un nombre d'époque fini afin d'éviter les boucles infinies.

## 5 Effet du filtrage

Deux filtrages ont été mis en place : "Smooth" et "Blur". Le premier agissant comme un filtre moyenneur et le second comme un filtre pondérant chaque pixel en fonction de sa position au pixel courant. On peut alors constater sur les différentes Figures en annexe de cette section (Annexe D) que même si les bords sont beaucoup moins strictes et nettes concernant la hauteur du terrain, ceci permet d'améliorer significativement les calculs de drainage en particulier. Il est en effet possible d'observer sur les figures des stream smooth que les courants sont bien mis en valeur dans les vallées où l'eau finirait sa course. De plus pour l'algorithme de drainage il est aussi important de lisser le terrain au préalable car sinon du fait de la discréétisation du terrain, la diffusion se retrouve bloquée sur des plateaux. Ainsi une part importante se retrouve bloquée sans justification physique. De plus les résultats concernant les cartes d'accessibilité sont eux aussi largement meilleurs et beaucoup plus lisses. En effet le lissage a permis de supprimer des aspérités de terrain qui ne pouvaient pas voir facilement la lumière. De plus, ces aspérités sont aisément ajoutable à l'aide d'une texture donc leur suppression n'est pas problématique.

## A Annexe 1 : Figures relatives à la section 2

Figure 1: Figures illustrant la carte de hauteurs en 2D (à gauche) et celle-ci appliquée sur le terrain en 3D (à droite)

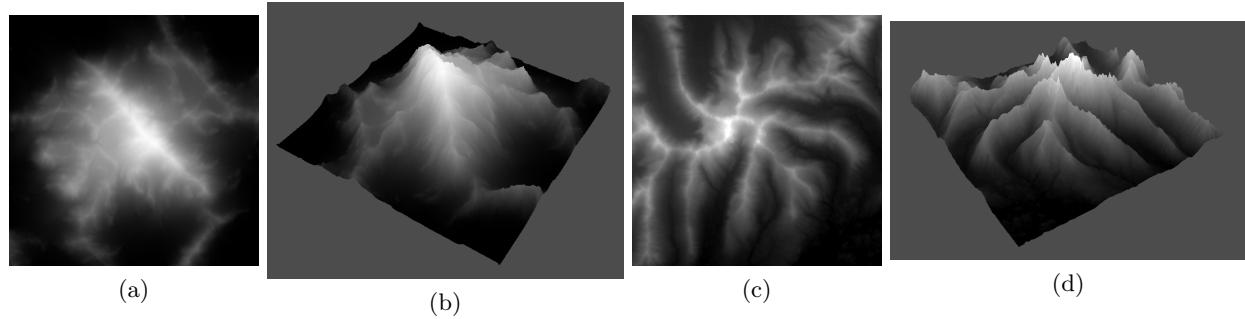


Figure 2: Figures illustrant le laplacien du terrain en 2D (à gauche) et celle-ci appliquée sur le terrain en 3D (à droite).

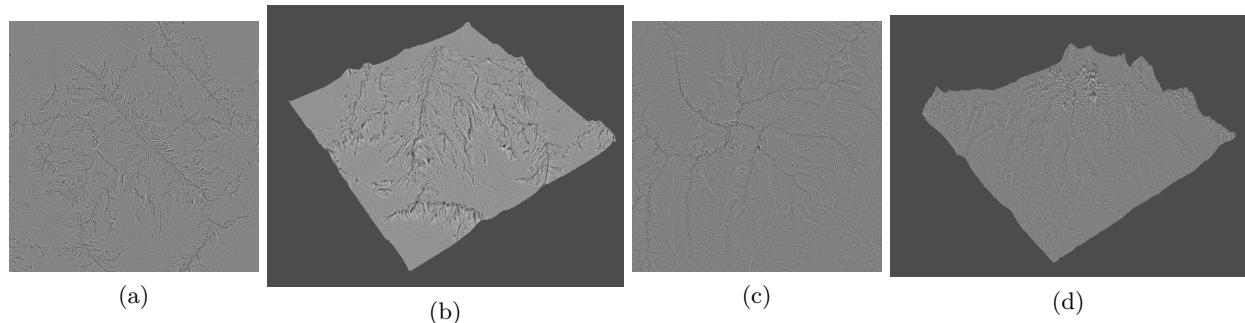


Figure 3: Figures illustrant la pente (ou encore la norme du gradient) en 2D (à gauche) et celle-ci appliquée sur le terrain en 3D (à droite).

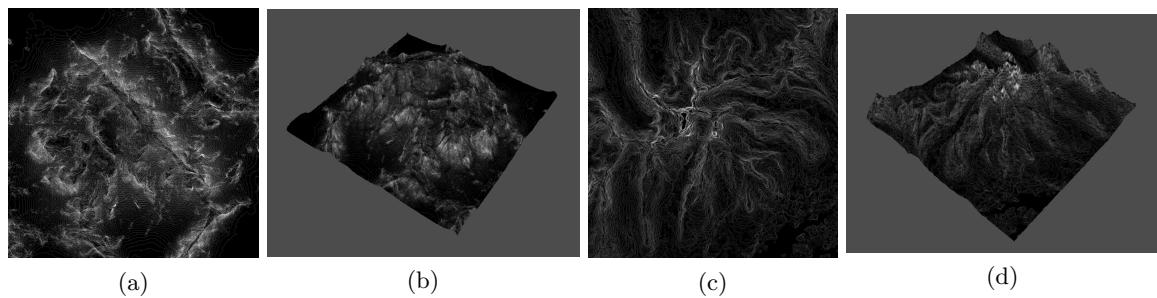


Figure 4: Figures illustrant la pente moyenne en 2D (à gauche) et celle-ci appliquée sur le terrain en 3D (à droite).

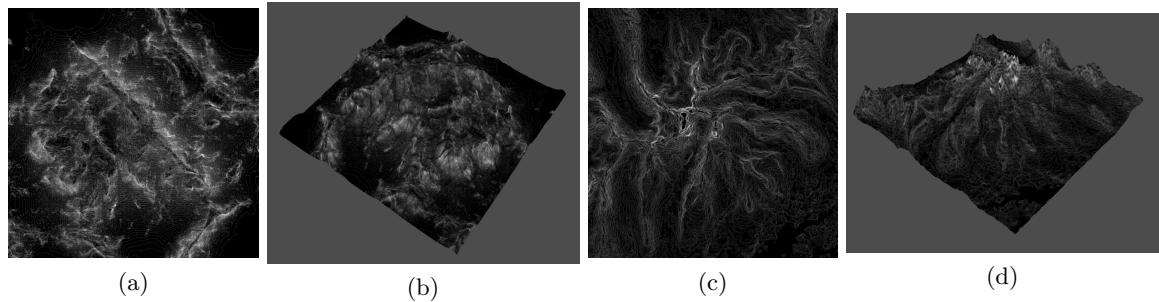
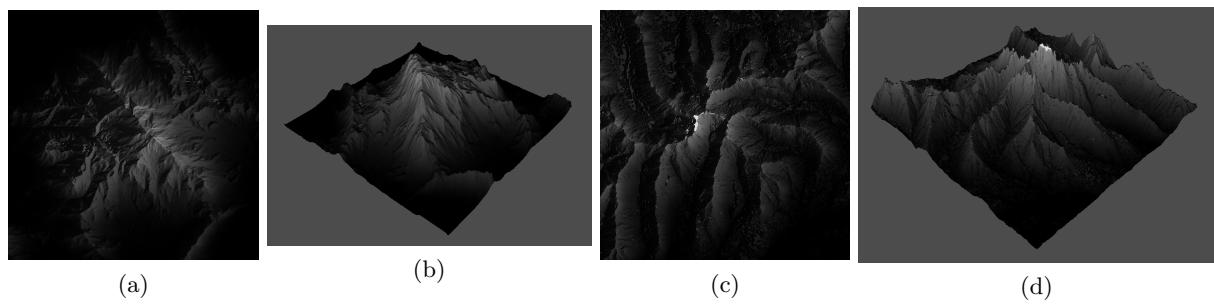


Figure 5: Figures illustrant la carte de hauteur avec une illumination de Phong permettant de mieux distinguer les reliefs en 2D (à gauche) et celle-ci appliquée sur le terrain en 3D (à droite).



## B Annexe 2 : Figures relatives à la section 3

Figure 6: Figures illustrant la carte du Stream Area en 2D (à gauche) et celle-ci appliquée sur le terrain en 3D (à droite).

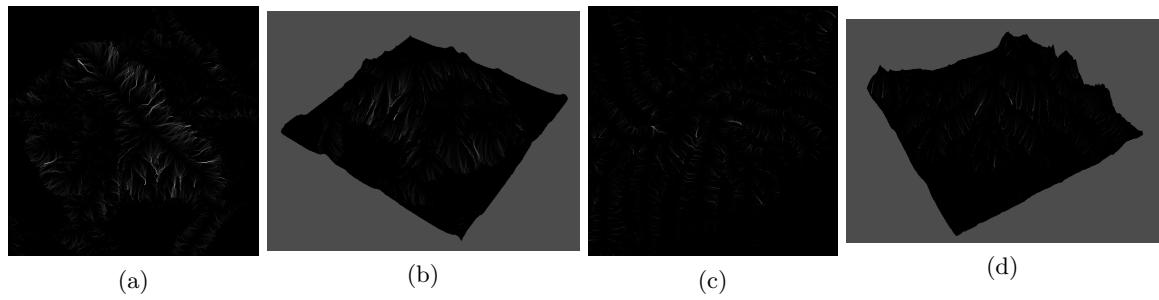


Figure 7: Figures illustrant la carte du Stream Area avec la méthode Steepest en 2D (à gauche) et celle-ci appliquée sur le terrain en 3D (à droite).

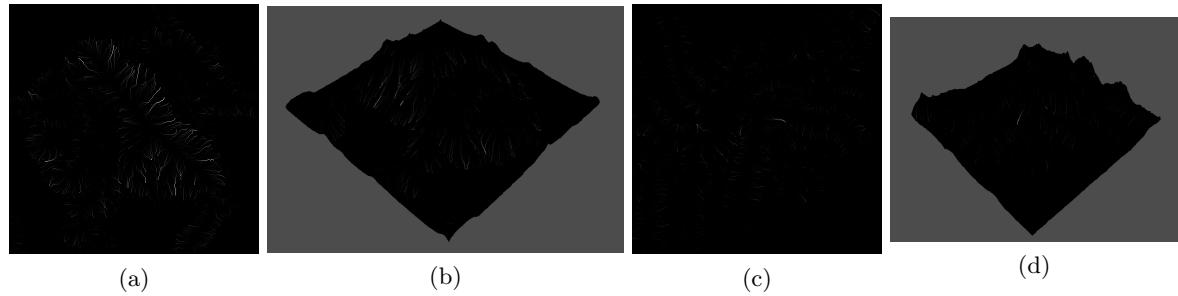


Figure 8: Figures la carte du Stream Power en 2D (à gauche) et celle-ci appliquée sur le terrain en 3D (à droite).

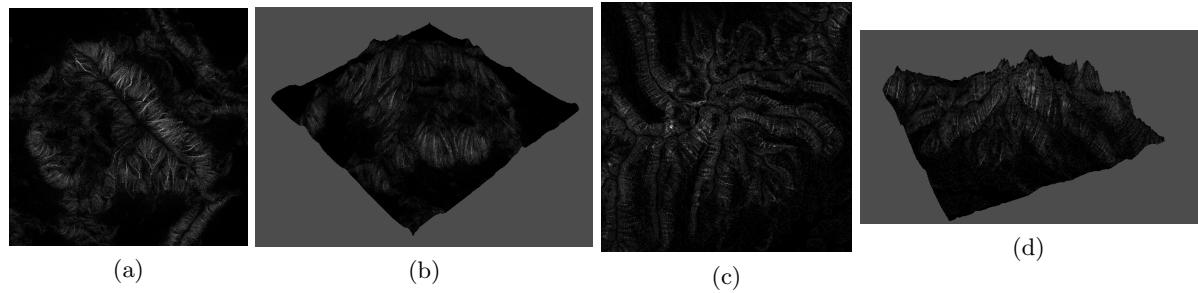


Figure 9: Figures illustrant la carte d'humidité en 2D (à gauche) et celle-ci appliquée sur le terrain en 3D (à droite).

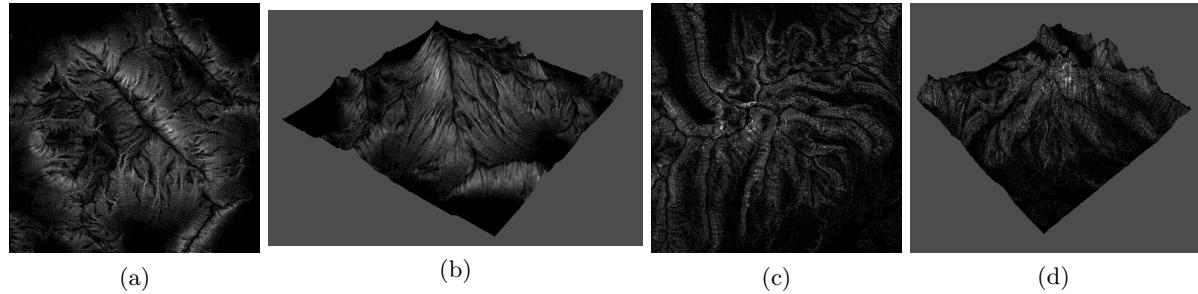
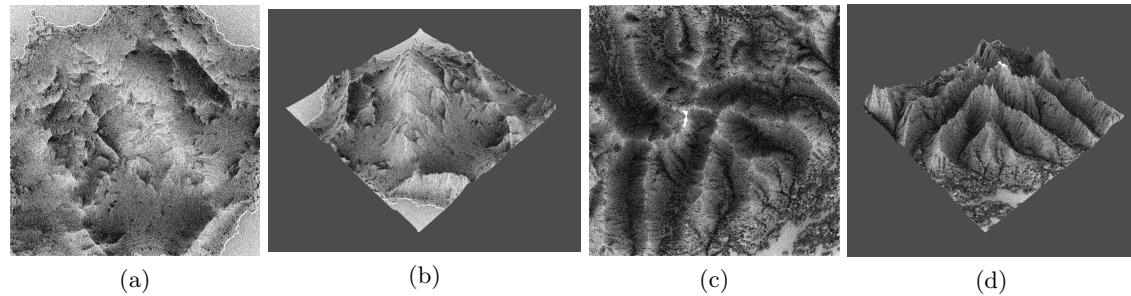
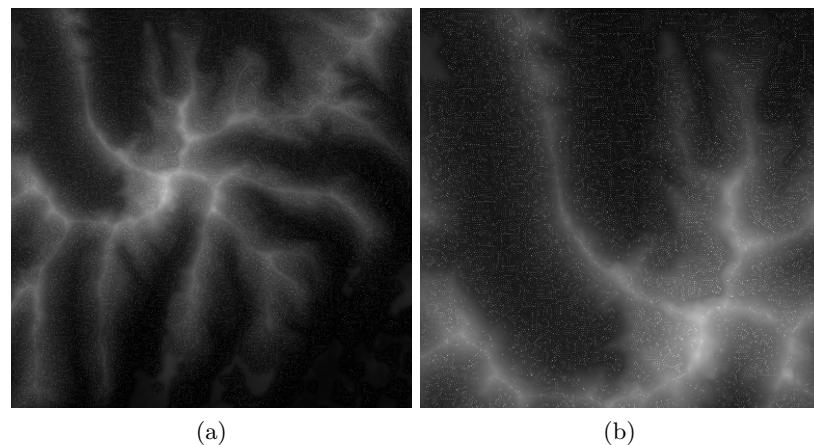


Figure 10: Figures illustrant la carte d’accessibilité en 2D (à gauche) et celle-ci appliquée sur le terrain en 3D (à droite).



## C Annexe 3 : Figures relatives à la section 4

Figure 11: Figures illustrant les problèmes d’érosion, à gauche la carte dans son intégralité, à droite un zoom sur la zone en haut à gauche, on peut bien distinguer le ”pointillisme” formé à cause du transport d’une trop grande quantité de sable en une seule fois.



## D Annexe 4 : Figures relatives à la section 5

Figure 12: Figures illustrant la carte du Stream Power après lissage Smooth en 2D (à gauche) et celle-ci appliquée sur le terrain en 3D (à droite).

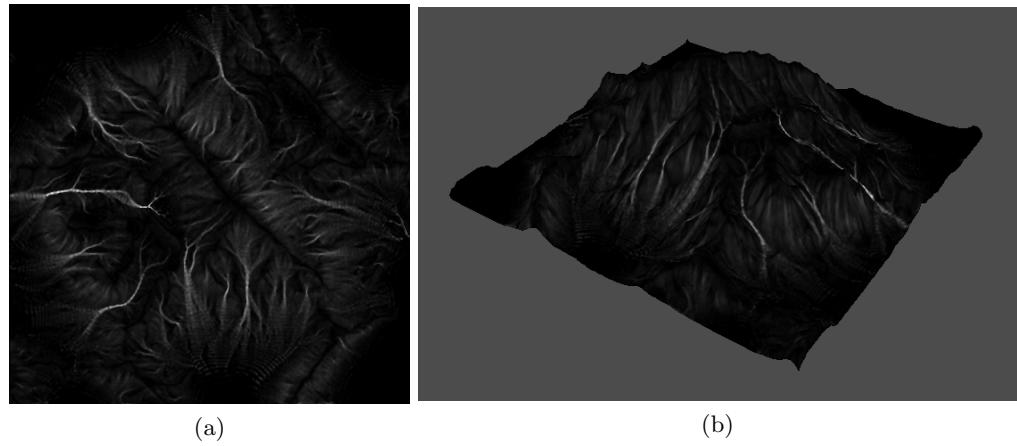


Figure 13: Figures illustrant la carte d'accessibilité après lissage par Smooth en 2D (à gauche) et celle-ci appliquée sur le terrain en 3D (à droite).

