

Quantification de l'érosion tardi-glaciaire dans les collines de Belledonne, Isère

Projet de recherche soutenu en 2001 par le Pôle Grenoblois Risques Naturel
et financé par le conseil général de l'Isère

Rapport d'activité, Novembre 2002

C. Basile

Introduction

Le projet de recherche qui avait été proposé en 2001 visait à répondre, au moins partiellement, aux trois questions suivantes:

- 1- Les mesures actuelles de transport de charge sédimentaire par des torrents sont elles extrapolables depuis les bassins de mesures jusqu'à des bassins dix fois plus grands ou dix fois plus petits ?
- 2- Les mesures actuelles de transport de charge sédimentaire par des torrents sont elles extrapolables sur de plus grandes périodes de temps ? Autrement dit, les observations à court terme sont elles représentatives du long terme, et les fréquents petits événements sont-ils représentatifs des rares grands événements ?
- 3- Peut on modéliser la quantité de matériaux qui va transiter au débouché d'un bassin versant ?

Les réponses à ces questions devaient être obtenues grâce à l'étude géomorphologique et à la datation de replats formés pendant la dernière déglaciation, et préservés dans des bassins versants de différentes tailles des collines bordières de Belledonne. Quatre bassins versants ont été spécialement étudiés, même si l'étude n'a pas été limitée à cette zone : Du Nord Est au Sud Ouest ce sont les bassins de torrents du Domenon (dont l'exutoire est le cône alluvial de Domène), du Rivet, de Murianette et de Pisse-Vieille (fig. 1). Ces différents bassins présentent l'avantage d'être creusés dans les mêmes roches, et avec des régimes pluviométriques et hydriques que l'on peut supposer comparables. La seule variable importante est alors la taille des bassins versants.

Cadre géologique

Les collines de Belledonne sont situées entre la vallée du Grésivaudan, vallée glaciaire partiellement comblée lors de la dernière déglaciation, et la ligne de crête du massif cristallin externe de Belledonne. Elles s'étagent de 200 à 1200 mètres d'altitude, et sont composées exclusivement de marnes du Bajocien inférieur, recouvertes de sédiments glaciaires ou fluvio-glaciaires quaternaires.

La morphologie de ces collines a été modelée lors des deux dernières glaciations par la langue glaciaire de l'Isère, qui s'écoulait alors jusqu'en aval de Grenoble. La dernière glaciation est en particulier responsable de la pente très raide et très régulière qui domine de 200 à 600 m d'altitude la vallée du Grésivaudan. Sur la figure 1, la mer de nuage (altitude approximative de son sommet 300 m) donne une idée de la morphologie à cette époque.

Au fur et à mesure du retrait de la dernière langue glaciaire (c'est à dire depuis 14 000 à 18 000 ans), des cônes alluviaux se sont installés sur cette morphologie initiale au débouché de chacun des torrents s'écoulant de Belledonne. La surface de base des torrents est alors constituée du sommet de la langue glaciaire. Cette surface de base étant continue le long de la vallée du Grésivaudan, les cônes alluviaux sont également continus, ou au moins corrélables d'un bassin versant à l'autre. Un point important est que ces cônes alluviaux sont présents sur la pente dominant le Grésivaudan, mais également à l'intérieur des bassins versants (par exemple dans le bassin du Domenon ou du torrent de Murianette, figure 1), indiquant que ces bassins préexistaient au dernier retrait glaciaire.

Après la formation d'un cône alluvial, la décrue glaciaire va provoquer une baisse du niveau de base du torrent, la reprise en érosion du premier cône et la formation d'un nouveau cône à une altitude moindre.

Méthodes d'étude

Deux disciplines ont été utilisées dans cette étude: la géomorphologie pour cartographier et reconstituer les replats tardi-glaciaires, et pour estimer les volumes qui y ont été érodés; et les datations de ces replats par dosage d'isotopes cosmogéniques.

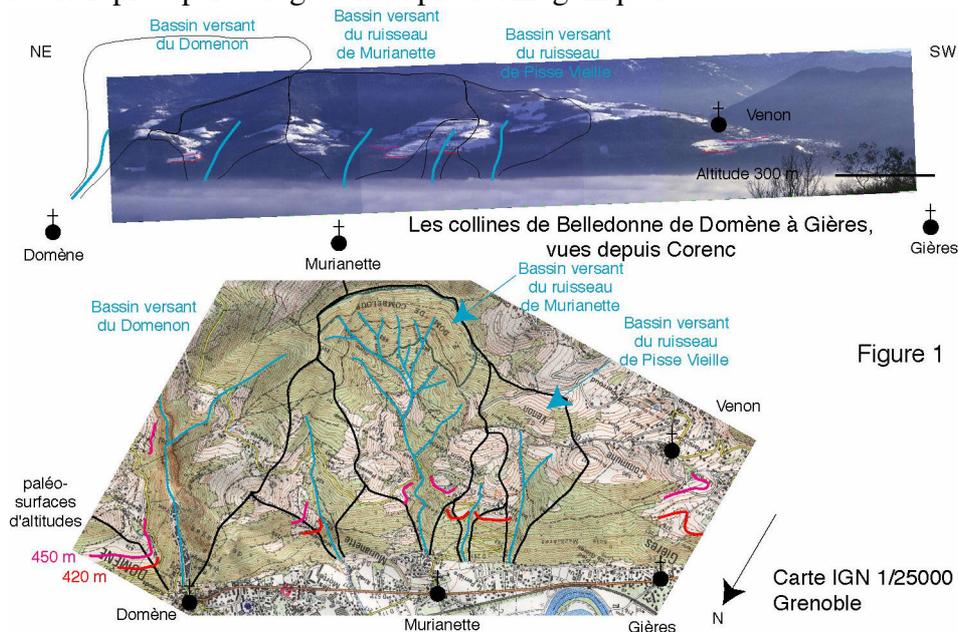


Figure 1

Géomorphologie :

L'objectif primaire du projet est de mesurer les volumes érodés dans des bassins de tailles différentes et pendant des intervalles de temps différents. Compte tenu de l'absence de zone de sédimentation à l'intérieur des bassins versants, les volumes érodés correspondent aux volumes exportés, c'est à dire à la charge transportée à l'exutoire du bassin.

Une manière simple pour estimer les volumes érodés est de comparer la surface topographique actuelle avec une surface reconstituée avant érosion. Chacun des replats constituant un reste de paléo-cône alluvial permet de construire la surface topographique au moment de sa formation. La comparaison de la surface actuelle avec chacune des paléosurfaces donne les volumes érodés depuis chaque période de formation de cône alluvial.

Trois méthodes ont été utilisées indépendamment pour déterminer les altitudes des replats actuels : des profils en long de rivières (digitalisés à partir de la carte IGN au 1/25 000), des observations de terrain, et la recherche de ressauts sur les pentes à partir d'un MNT (MNT IGN, pas 50 mètres). Ces trois méthodes ont donné des résultats concordants.

A partir du MNT, les ressauts ont été identifiés et cartographiés dans un premier temps en comparant le MNT original à un MNT lissé ; puis dans un deuxième temps la cartographie a été affinée en recherchant les minima locaux de la pente topographique.

Une fois les reliques actuelles des replats cartographiées sur le MNT, la surface initiale a été extrapolée à partir des points actuels par une méthode de pondération (répartition gaussienne)

par les plus proches voisins. La surface ainsi reconstituée donne une image lissée de la paléosurface.

Les volumes érodés par tranche d'âge sont enfin déterminés en comparant chaque paléosurface à la paléosurface immédiatement plus récente.

Datation :

Le traitement des échantillons à dater est actuellement en cours.

La datation est basée sur la mesure de la concentration en ^{10}Be dans le quartz. Ce radio-isotope est formé in situ à la surface topographique (ou à proximité immédiate de la surface : quelques mètres) par le rayonnement solaire.

Les échantillons, prélevés dans des coupes naturelles des replats tardi-glaciaires, ont été broyés. Actuellement, ils sont traités pour dissoudre les minéraux autres que le quartz. Dans un deuxième temps, la teneur du quartz en ^{10}Be sera mesurée. Les datations devraient être obtenues début 2003.

Travaux réalisés

- Identification et reconstitution des replats entre 300 et 650 mètres d'altitudes:

7 replats ont été identifiés sur le MNT aux altitudes suivantes: 325, 365, 415, 445, 465, 510, 565, 605 mètres.

Ces replats ont également été identifiés aux mêmes altitudes ou à des altitudes proches sur le terrain (fig. 2) et sur les profils en long de rivières (fig. 3)

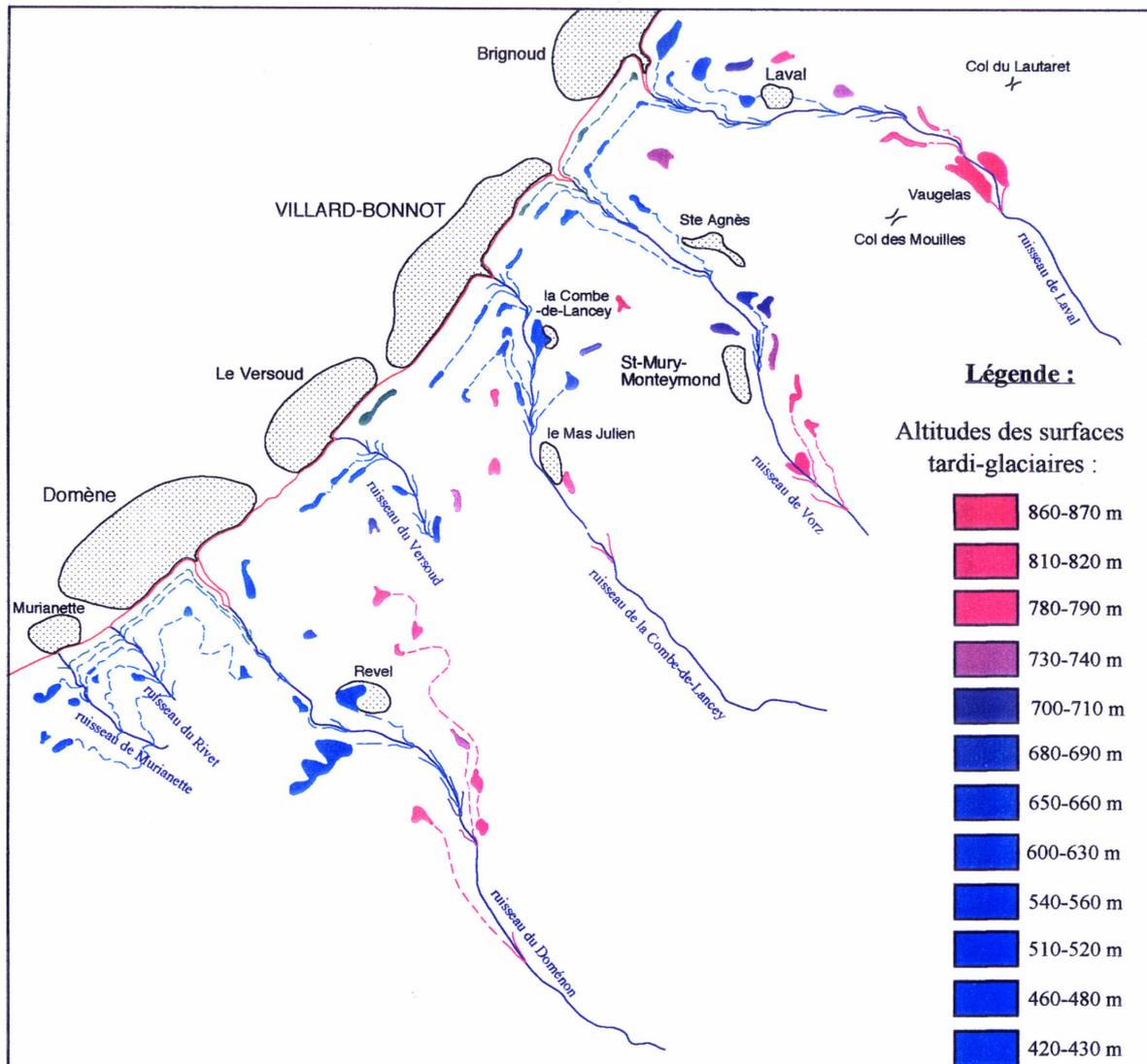


Figure 2: Carte synthétique des replats tardi-glaciaires.

Les courbes dans les torrents correspondent aux replats identifiés sur les profils de rivières, les surfaces colorées aux observations de terrain, et les traits pointillés aux corrélations.

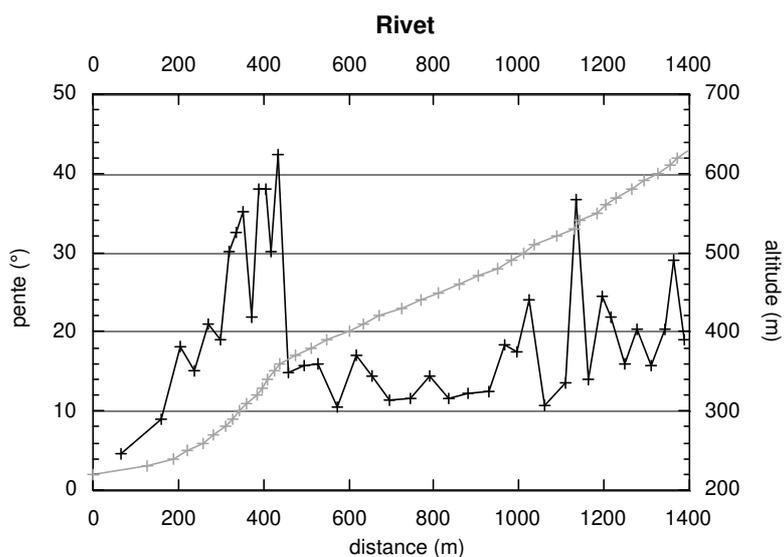
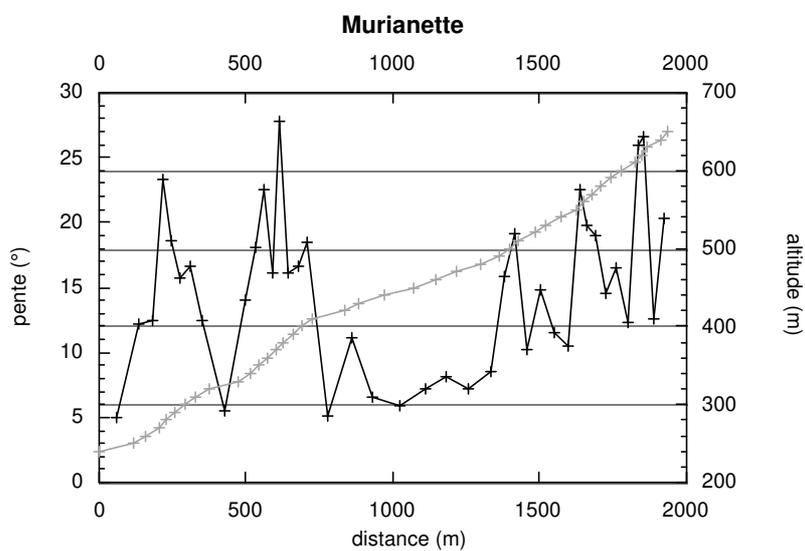
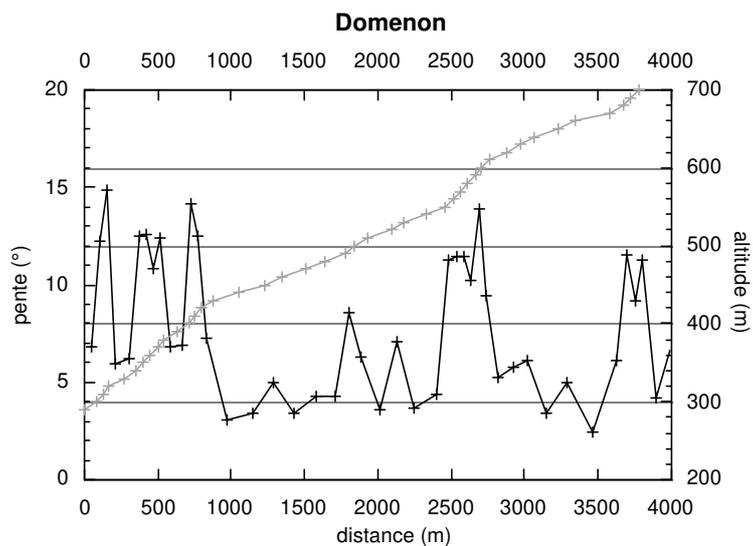


Figure 3: profils en long de rivières
 (en noir la pente le long de la rivière, en gris le profil en long de la rivière)
 les replats correspondent aux diminutions de la pente

- Cartographie des replats d'altitude 325, 365, 415, 445, 465, 510, 565 et 605 mètres à partir de la topographie actuelle (cartes pages 10 à 14)

- Reconstitution des replats d'altitude 325, 365, 415, 445, 465, 510, 565 et 605 mètres avant érosion (cartes pages 15 à 22)

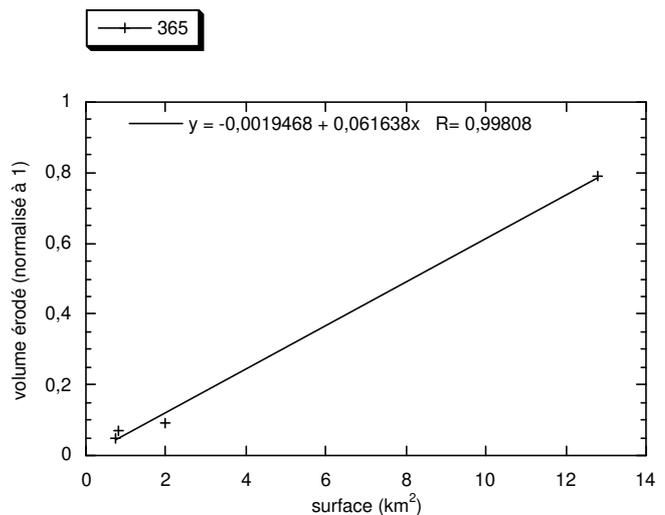
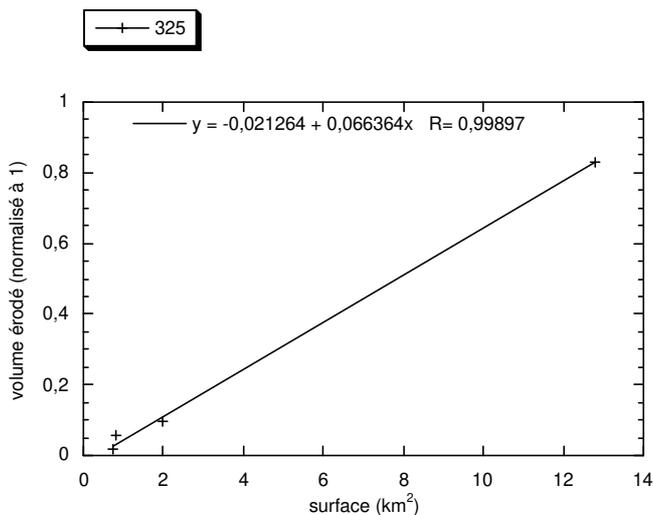
- Calcul des volumes érodés (en million de m³) dans les quatre bassins versants étudiés et pour chacun de ces replats:

intervalle de temps	Doménon	Rivet	Murianette	Pisse-Vieille
replat 325 m - topographie actuelle	5,51	0,37	0,63	0,13
replat 365 m - replat 325 m	11,44	1,03	1,32	0,69
replat 415 m - replat 365 m	18,88	1,7	2,93	1,87
replat 445 m - replat 415 m	13,75	2,49	4,4	2,03
replat 465 m - replat 445 m	14,8	2,85	3,89	2,59
replat 510 m - replat 465 m	30,2	4,89	7,11	5,17
replat 565 m - replat 510 m	74,22	10,27	17,69	11,46
replat 605 m - replat 565 m	80,06	14,59	24,36	15,16

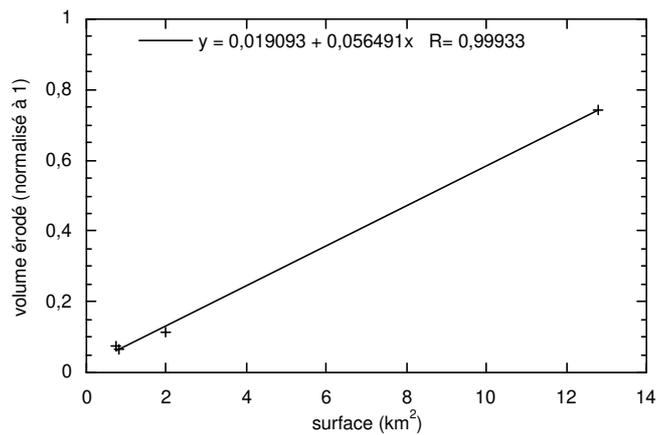
Pour donner un ordre de grandeur, le volume du cône alluvial de Domène (exutoire du Doménon), déterminé à partir du même MNT, est de 13,28 millions de m³. Ce volume est nettement supérieur au volume érodé dans le replat à 325 m, indiquant que la partie sommitale (glaciaire) du bassin versant apporte une contribution importante, et peut être essentielle à l'apport de matière solide à l'exutoire.

- Relation entre volumes érodés et surfaces des bassins versants:

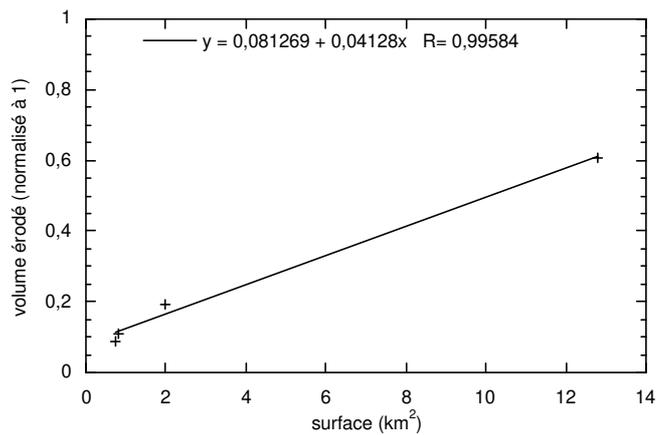
Les surfaces des différents bassins versants sont les suivantes: Doménon 12,8 km²; Rivet 0,8 km²; Murianette 2 km²; Pisse-Vieille 0,75 km². Pour pouvoir comparer les différents intervalles de temps, la somme des volumes érodés dans les quatre bassins versants a été normalisée à 1 pour chaque intervalle de temps.



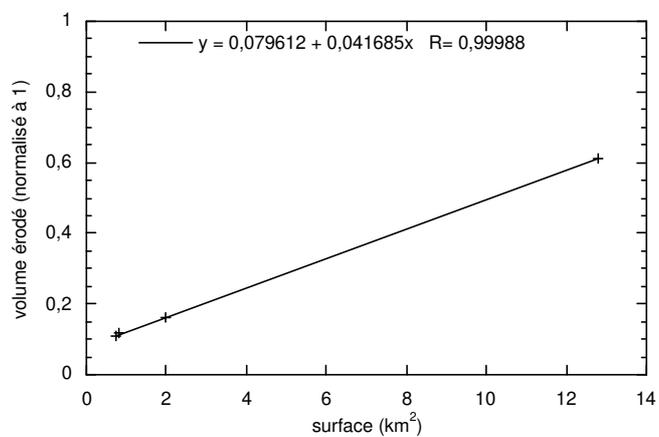
415



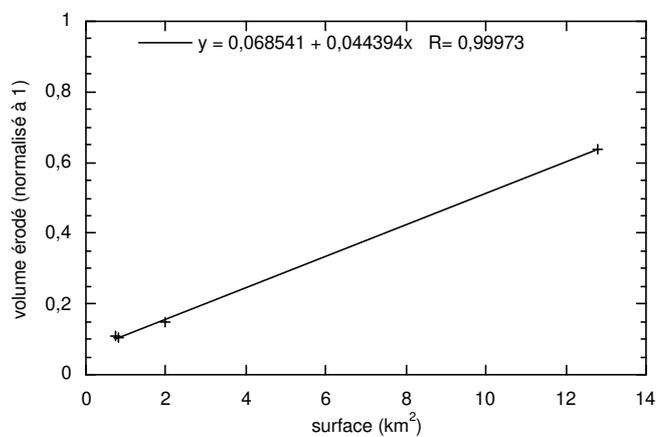
445



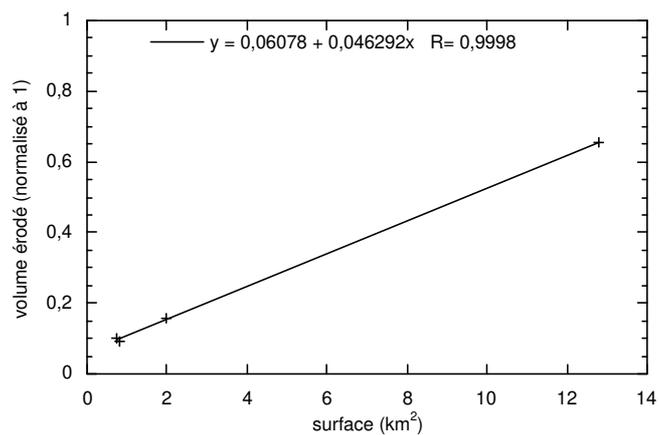
465



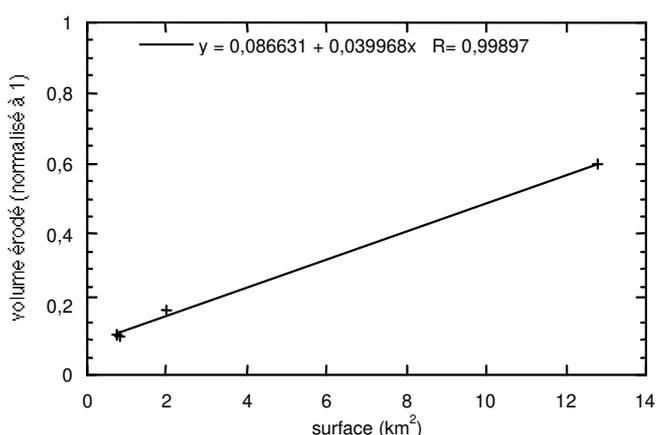
510



565



605



- Echantillonnage pour datation des replats par dosage du ^{10}Be cosmogénique

Les échantillons n'ont pas tous pu être pris dans les bassins versants étudiés, mais la corrélation des replats permettra l'utilisation des âges. Le traitement de ces échantillons est actuellement en cours, les datations ne sont donc pas encore disponibles.

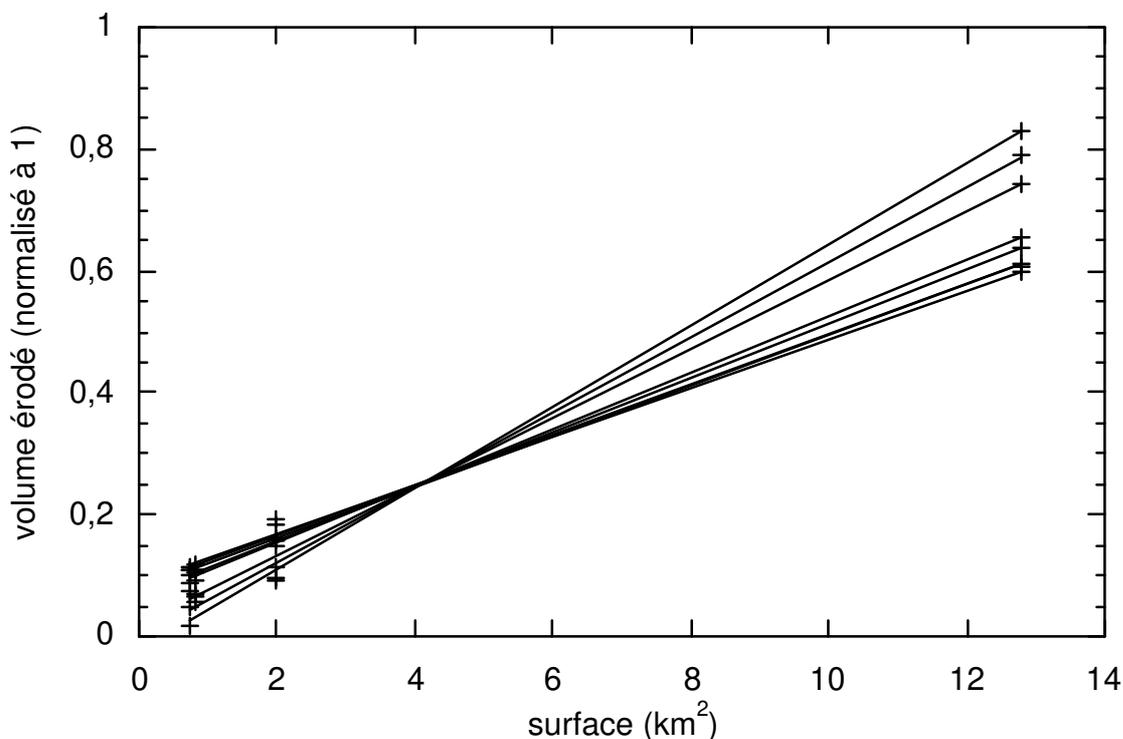
échantillon	altitude (m)	profondeur (cm)	Géographie	nature	taille/poids	commentaires
Vorz02-02	465	60	NE du ruisseau de Vorz	galet granite	13x10x9 1528	sommet d'un replat, entaillé par un ruisseau le long du remblai de la route
Vorz02-03	740	90	SW du ruisseau de Vorz	bloc anguleux r. metam.	13x11x8 1389	dans un chemin creux à 10 m du bord du replat
Vorz02-04	740	110	SW du ruisseau de Vorz	bloc arrondi quartzite	12x10x5 (cassé) 343	dans un chemin creux à 15 m du bord du replat
Vorz02-05	690	50	SW du ruisseau de Vorz	galet granite	6x5x4 146	dans un chemin creux
Mur02-01	360	40 sous surf 150 sous replat	SW du ruisseau de Murianette	galet quartz	10x8x7	dans un chemin creux incertitude sur la profondeur/replat
Mur02-02	360	60 sous surf 160 sous replat	SW du ruisseau de Murianette	galet quartz	6x7x3 161	dans un chemin creux incertitude sur la profondeur/replat
Mur02-03	310	35	SW du ruisseau de Murianette	galet quartz	5x3x3 47	10 m au sud de la bordure du replat
Mur02-04	310	45	SW du ruisseau de Murianette	galet quartz	8x6x4 196	10 m au sud de la bordure du replat
Mur02-05	310	40	SW du ruisseau de Murianette	galet granite	8x6x5 332	dans un chemin creux

Résultats

Le MNT à 50 mètres permet une détermination correcte des irrégularités du relief, et une bonne quantification des volumes érodés, sauf pour les volumes les plus petits, qui correspondent à des surfaces de seulement quelques pixels.

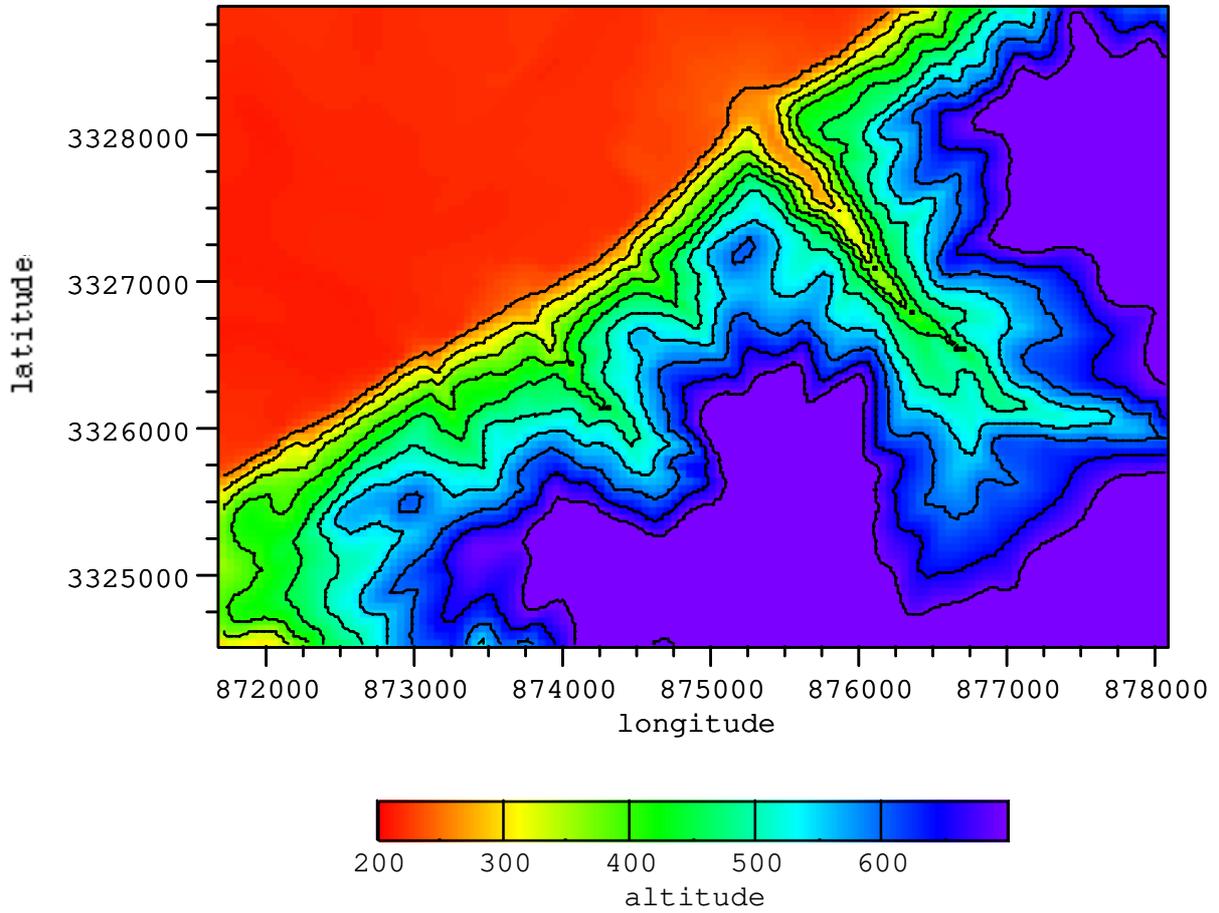
La relation entre volumes érodé et taille des bassins versants apparaît clairement être une relation linéaire (figures pages 7 et 8) pour chacun des intervalles de temps considéré (figures pages 7 et 8). La réponse à la première question posée (Les mesures actuelles de transport de charge sédimentaire par des torrents sont-elles extrapolables depuis les bassins de mesures jusqu'à des bassins dix fois plus grands ou dix fois plus petits ?) est donc positive, au moins sur un peu plus d'un ordre de grandeur. Les taux d'érosions sont donc indépendants de la taille des bassins, et donc des débits des cours d'eau.

Cependant, la pente de la relation linéaire entre volume érodé et taille du bassin versant varie en fonction des périodes considérées. Toutes les données sont regroupées dans la figure suivante. Les cinq intervalles les plus anciens (érosion entre les formations des surfaces à 605 m et 415 m d'altitude) présentent des relations linéaires très comparables (pentes des droites entre 0,040 et 0,046). Par contre les trois intervalles de temps les plus récents montrent une augmentation de la pente, la part des grands bassins versants augmentant dans le volume érodé (pentes des droites 0,056 pour l'érosion entre 415 m et 365 m, 0,062 entre 365 et 325 m, 0,066 entre 325 m et la surface actuelle). Ces altitudes sont celles où se trouvent les gorges, et la variation de la relation linéaire est probablement due à un changement du mode d'érosion, les glissements gravitaires sur les flancs des gorges devenant prépondérants. Les mesures actuelles ne sont donc pas extrapolables directement dans le passé.

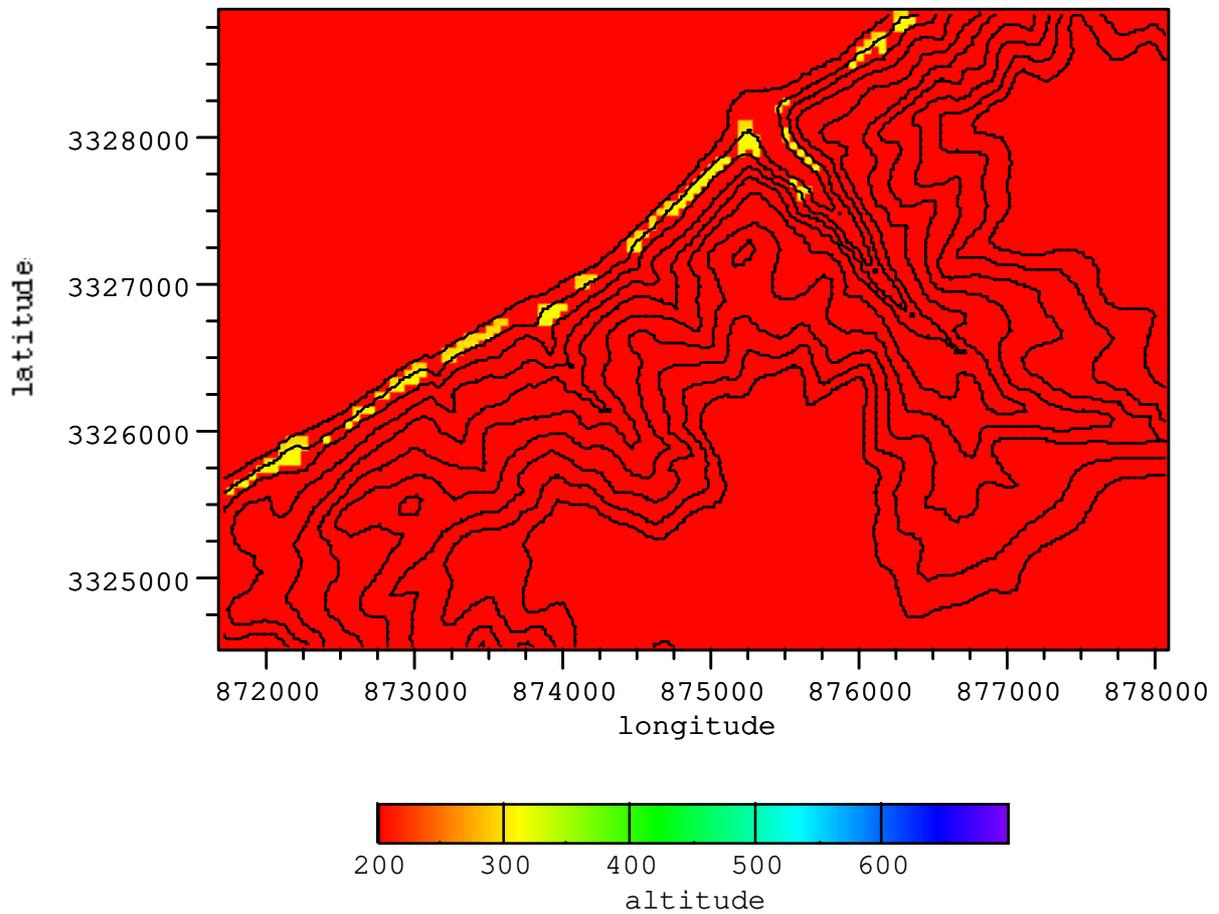


Un rapport définitif sera remis quand les résultats des datations auront été obtenus, interprétés et intégrés dans l'étude.

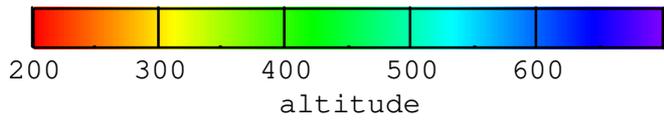
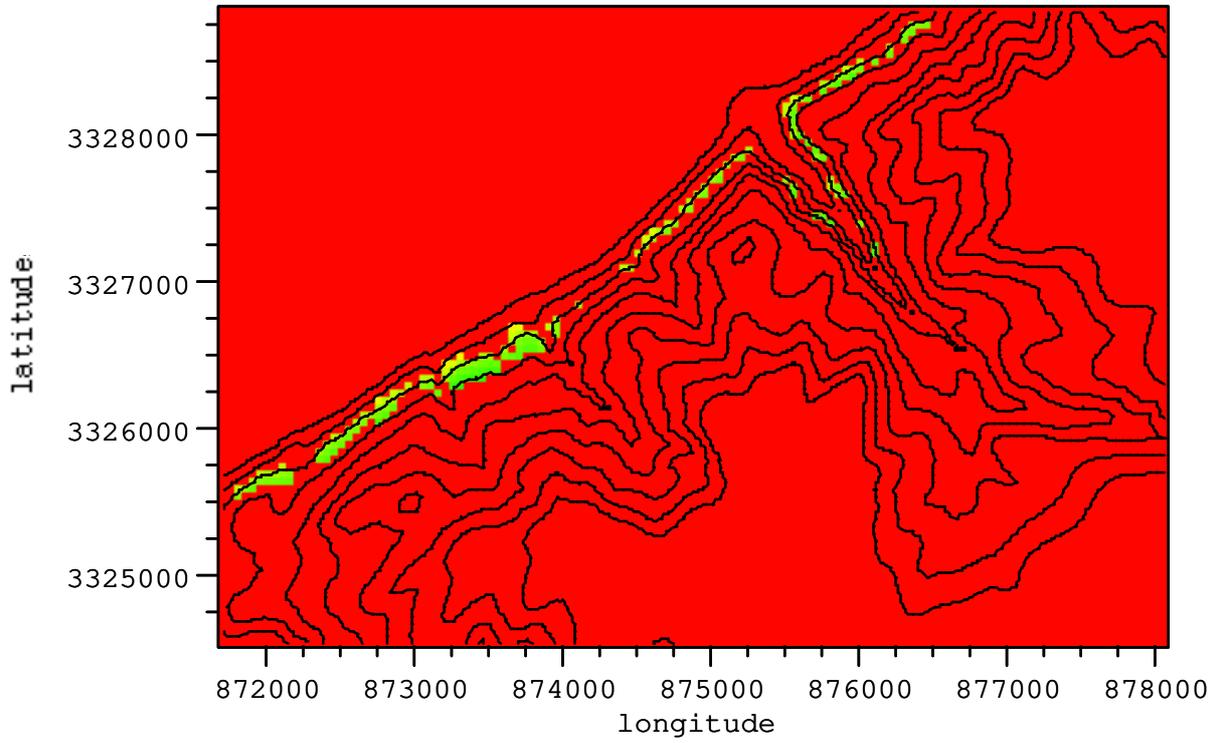
C. Basile, le 4/11/2002



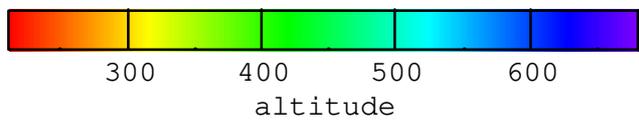
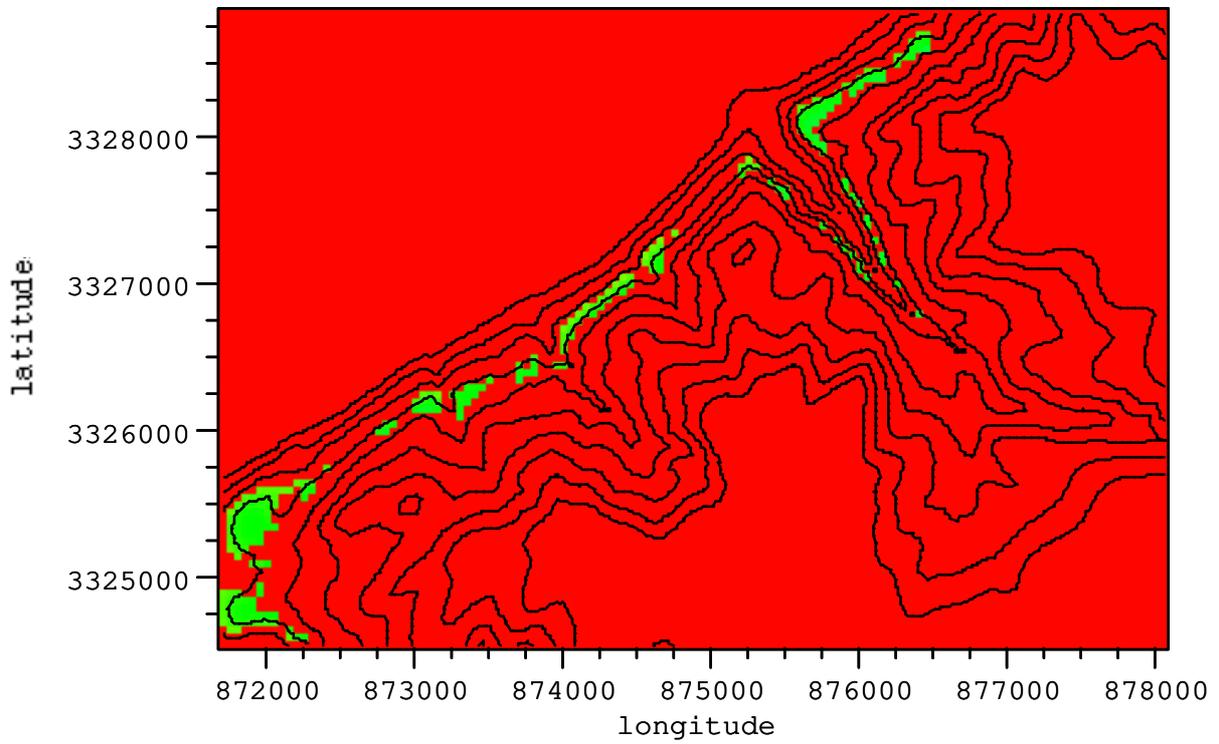
Topographie actuelle. Toutes les cartes d'altitude ont le même code de couleur et les mêmes courbes de niveau (de 250 à 700 m, intercalaires 50 m)



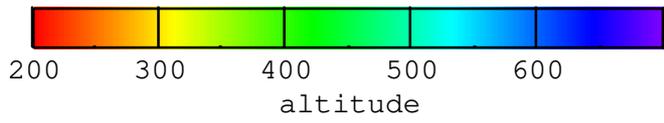
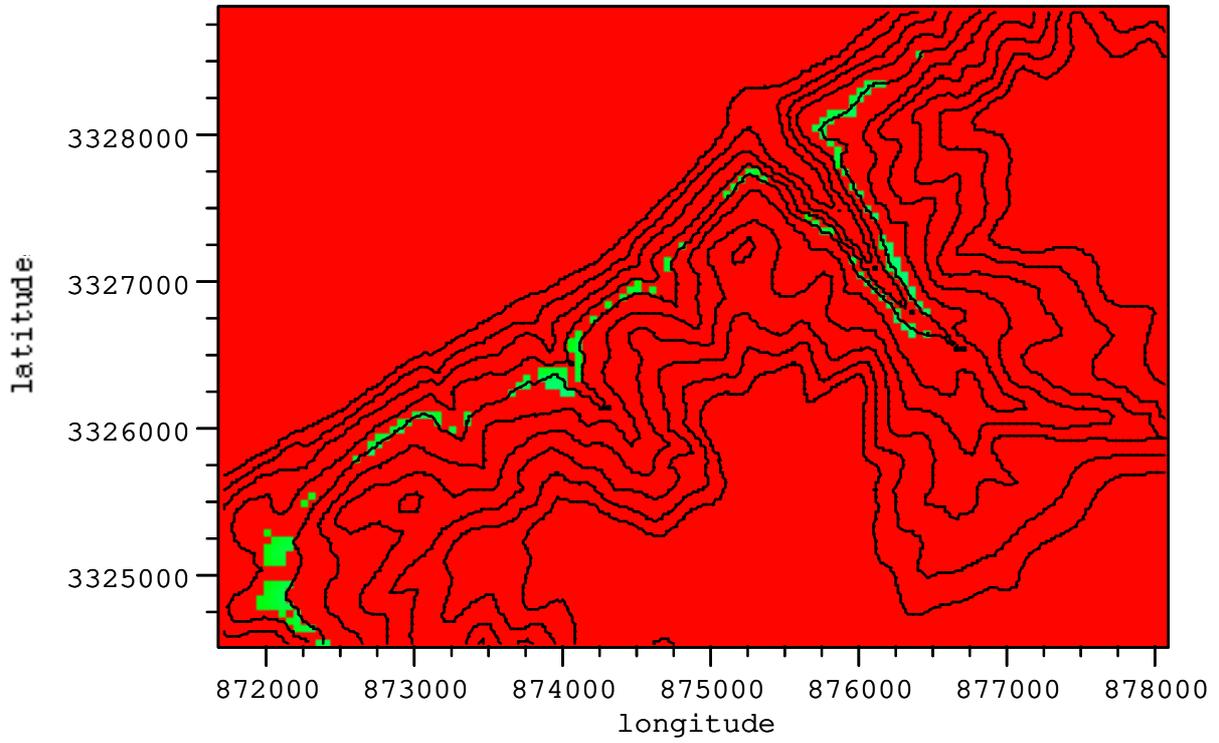
Replat actuel à 325 mètres



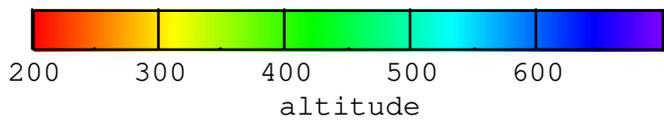
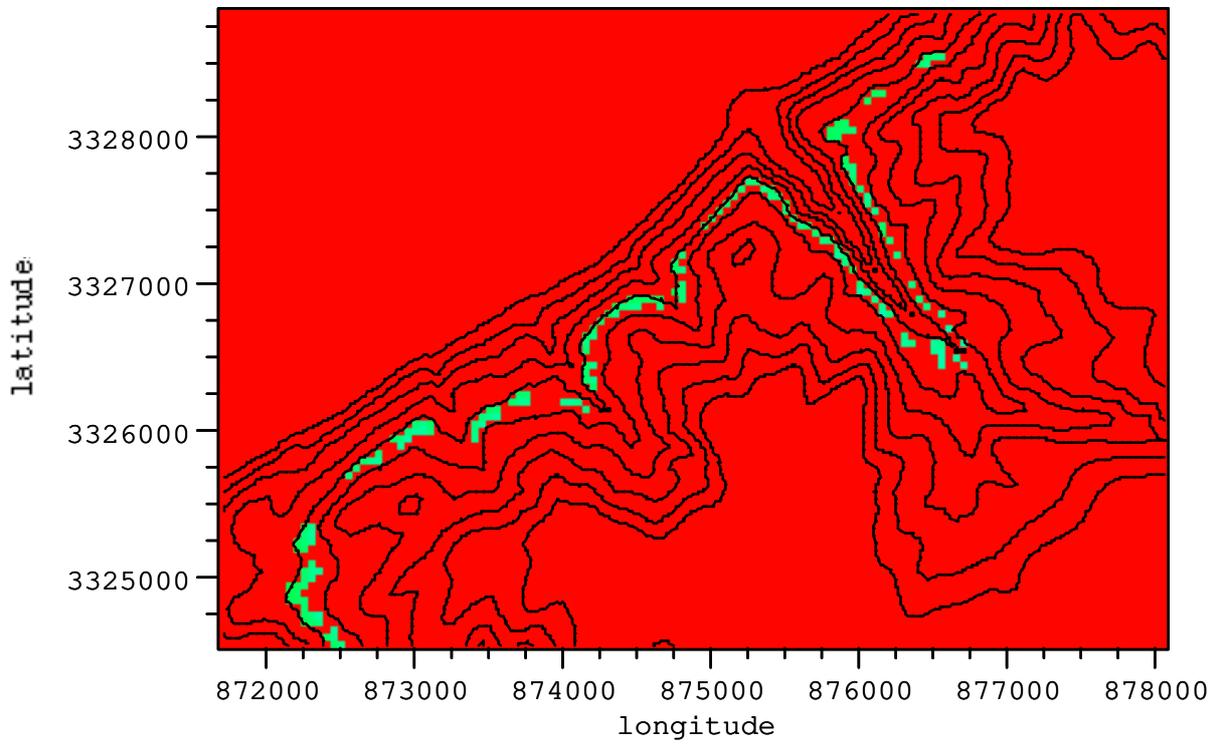
Replat actuel à 365 mètres



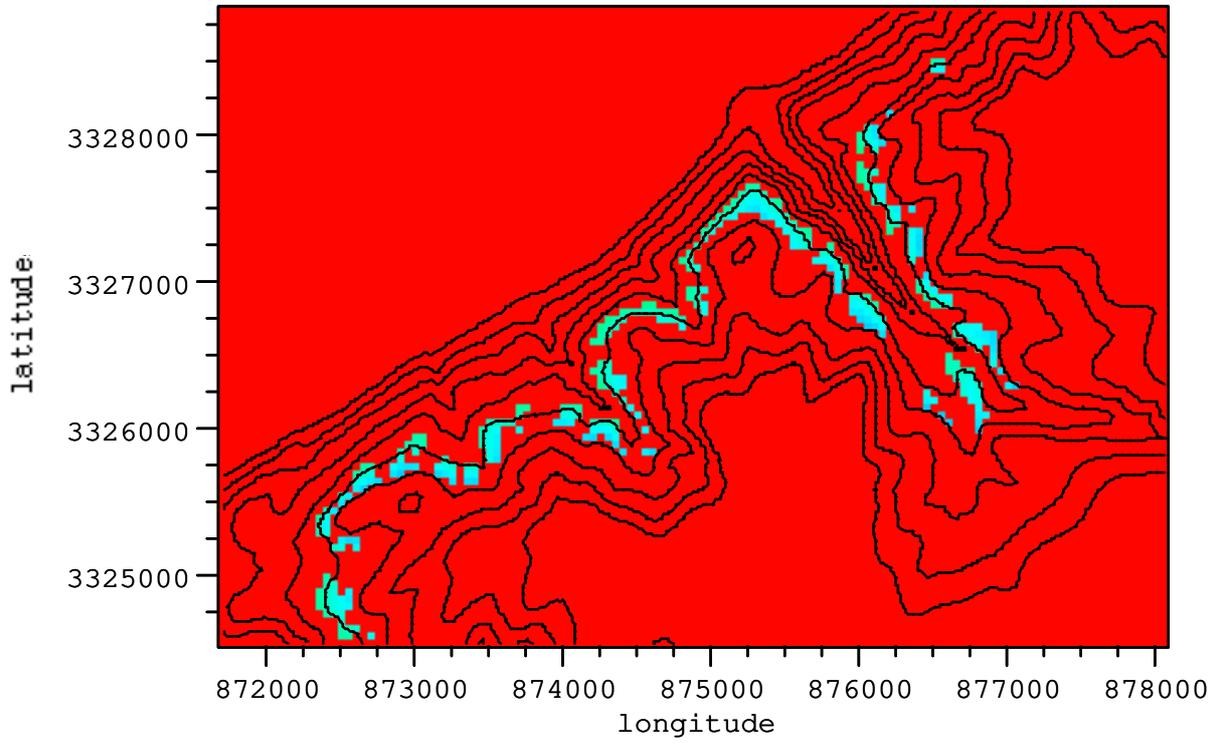
Replat actuel à 415 mètres



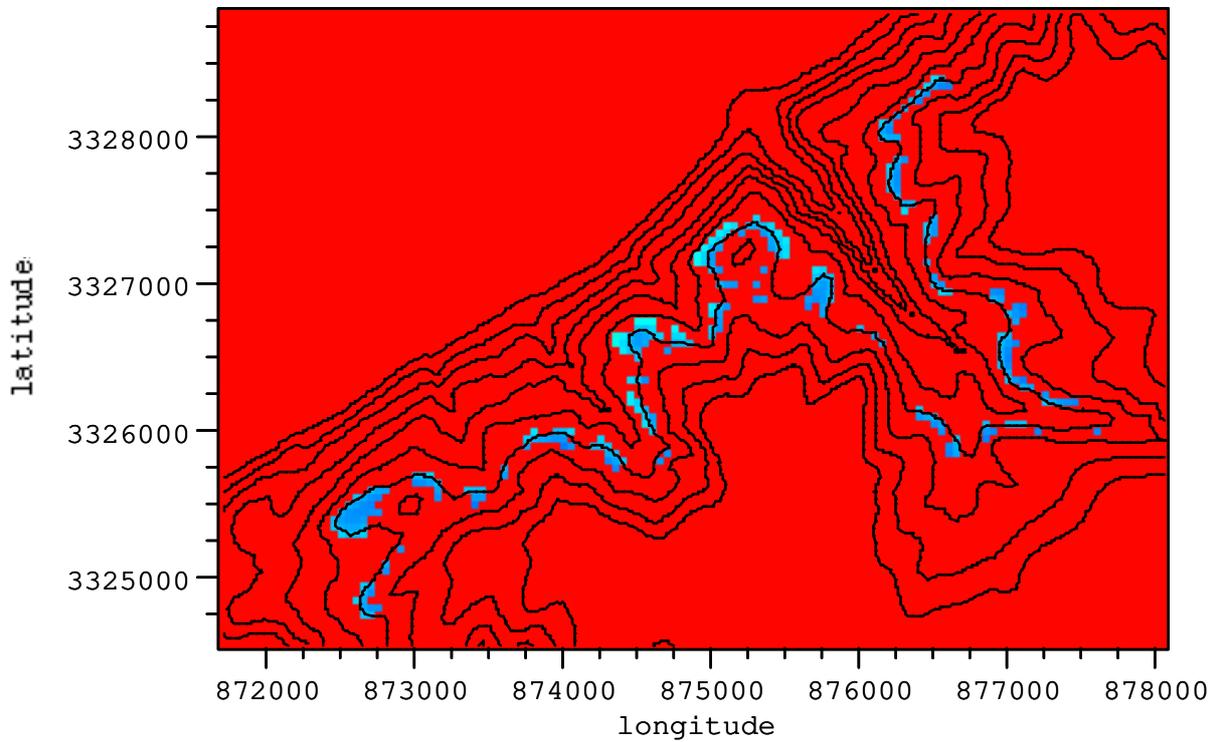
Replat actuel à 445 mètres



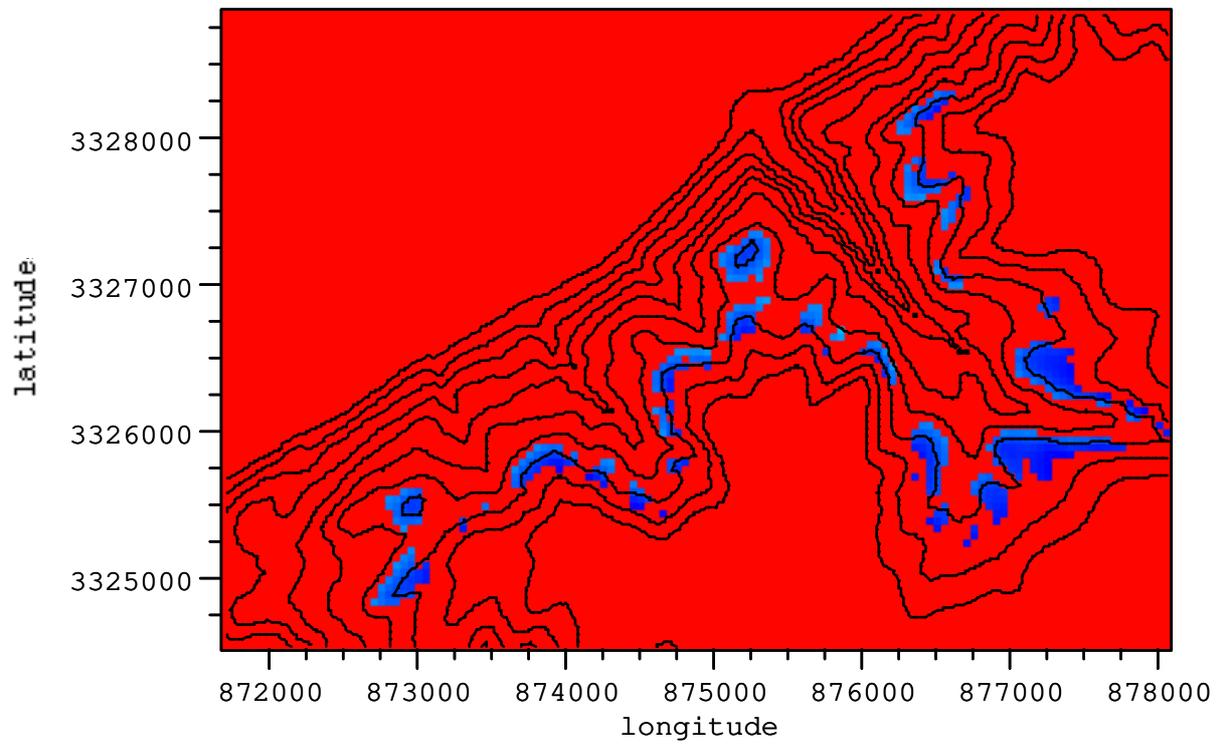
Replat actuel à 465 mètres

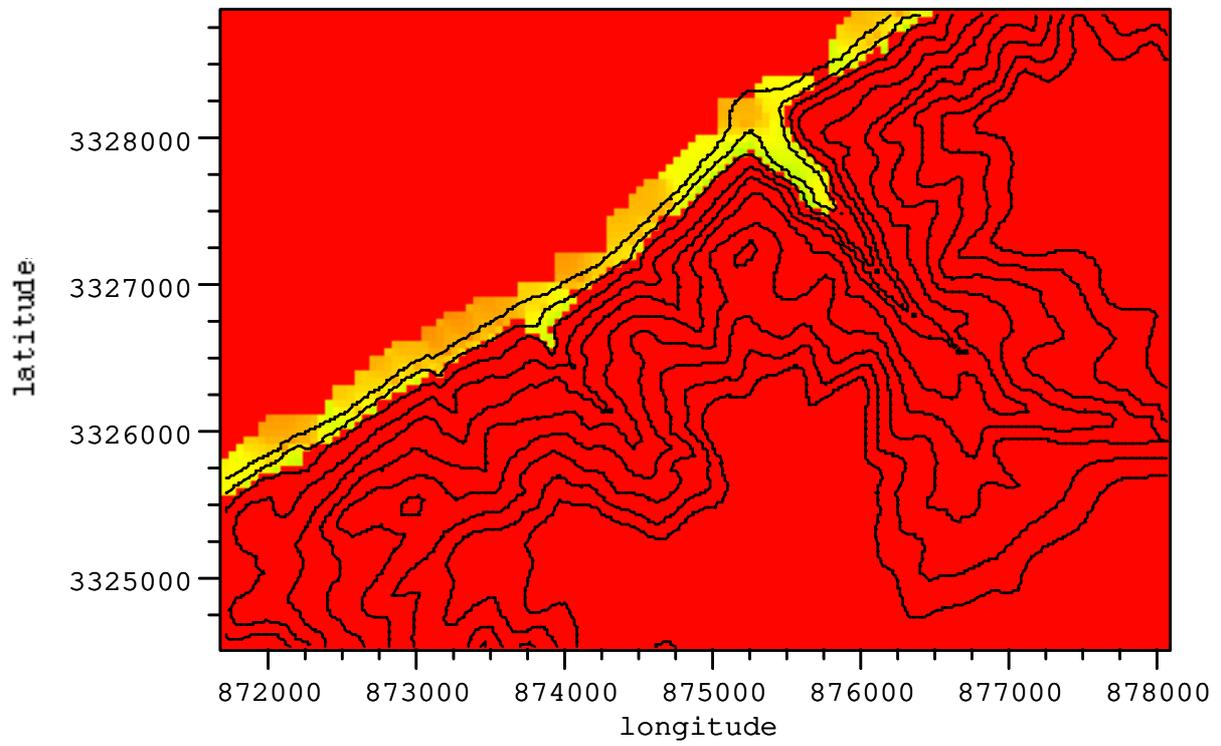


Replat actuel à 510 mètres

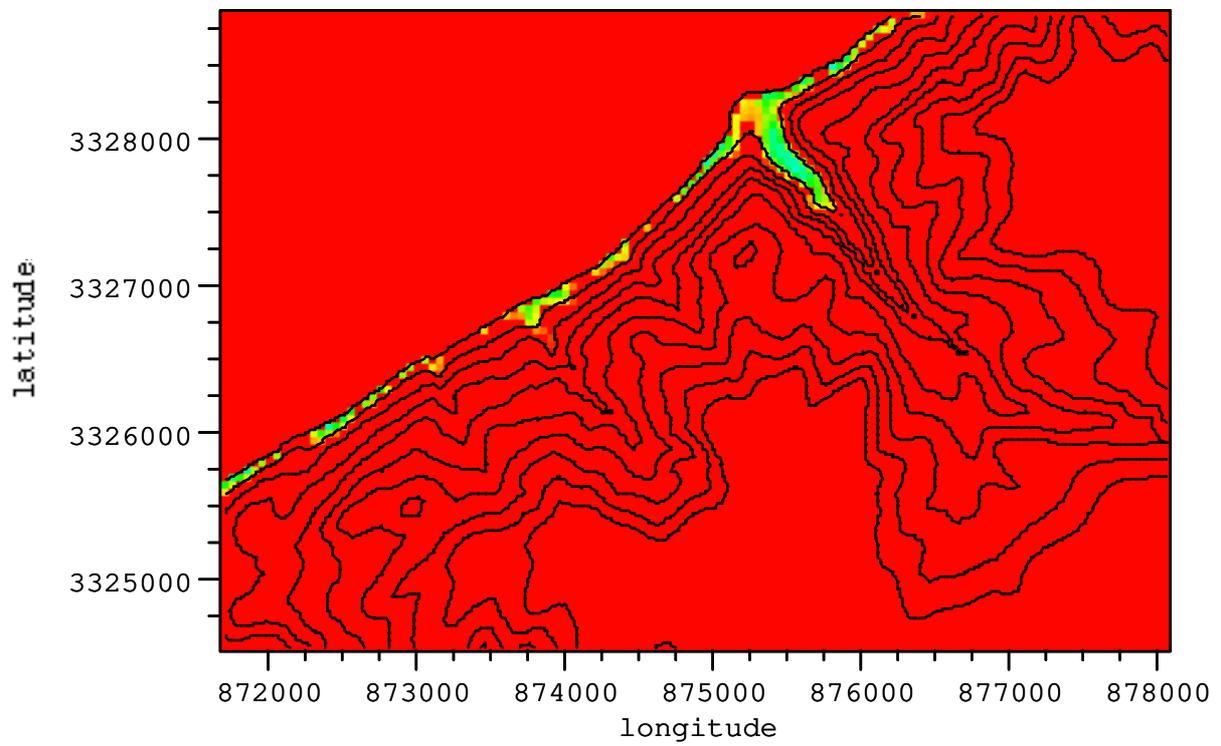


Replat à 565 mètres

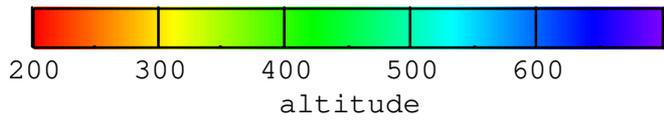
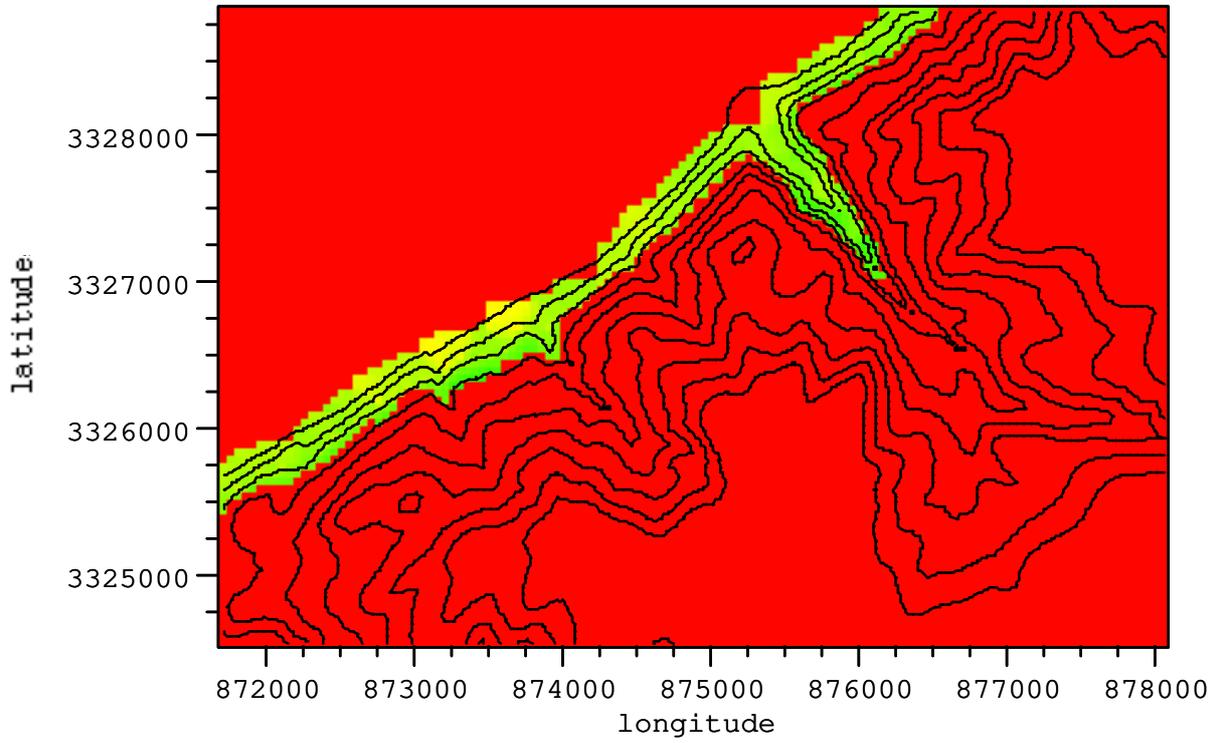




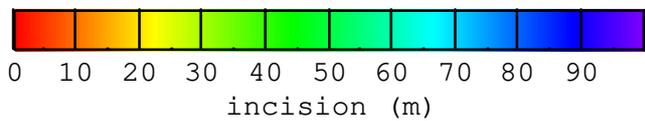
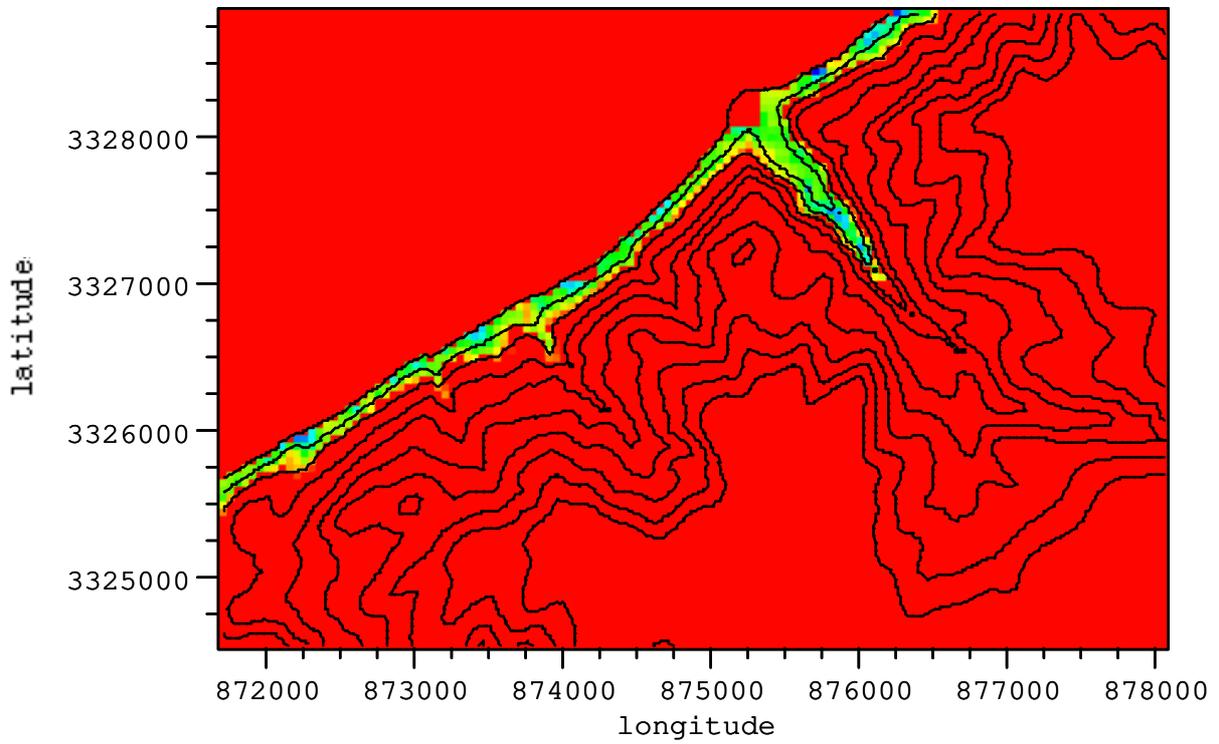
Replat reconstitué à 325 mètres



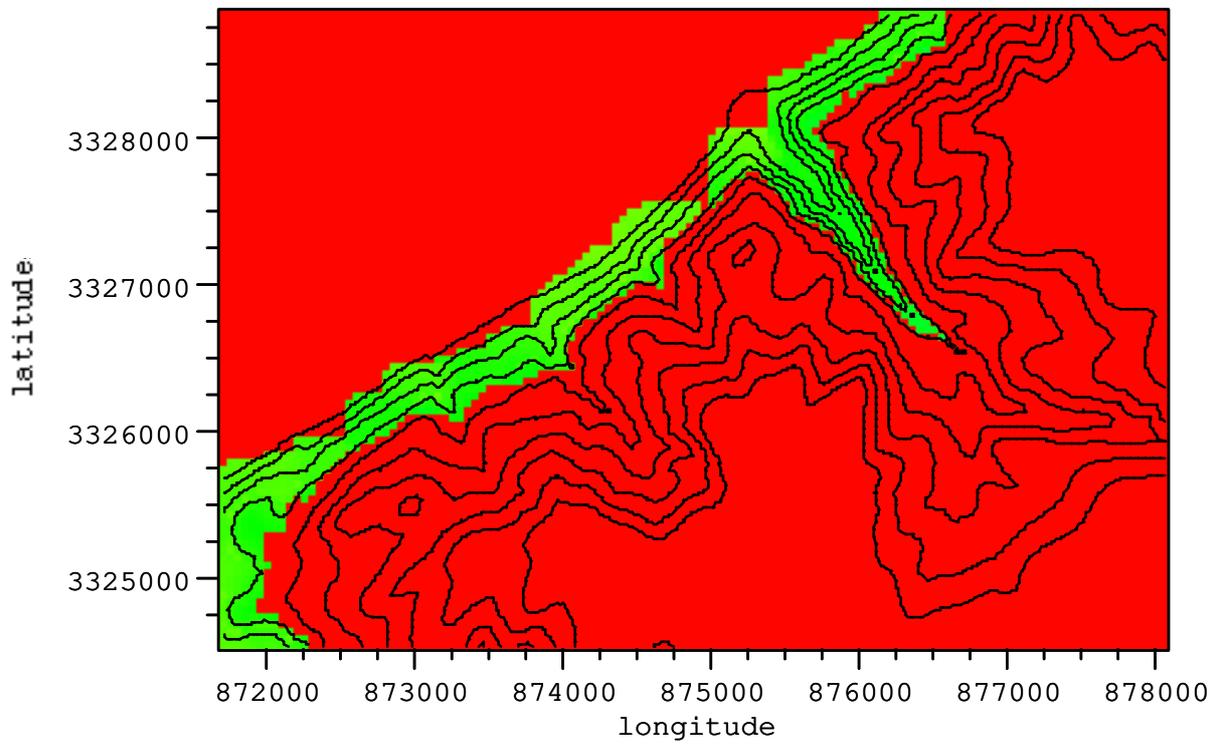
Incision du replat à 325 mètres depuis sa formation jusqu'à l'actuel



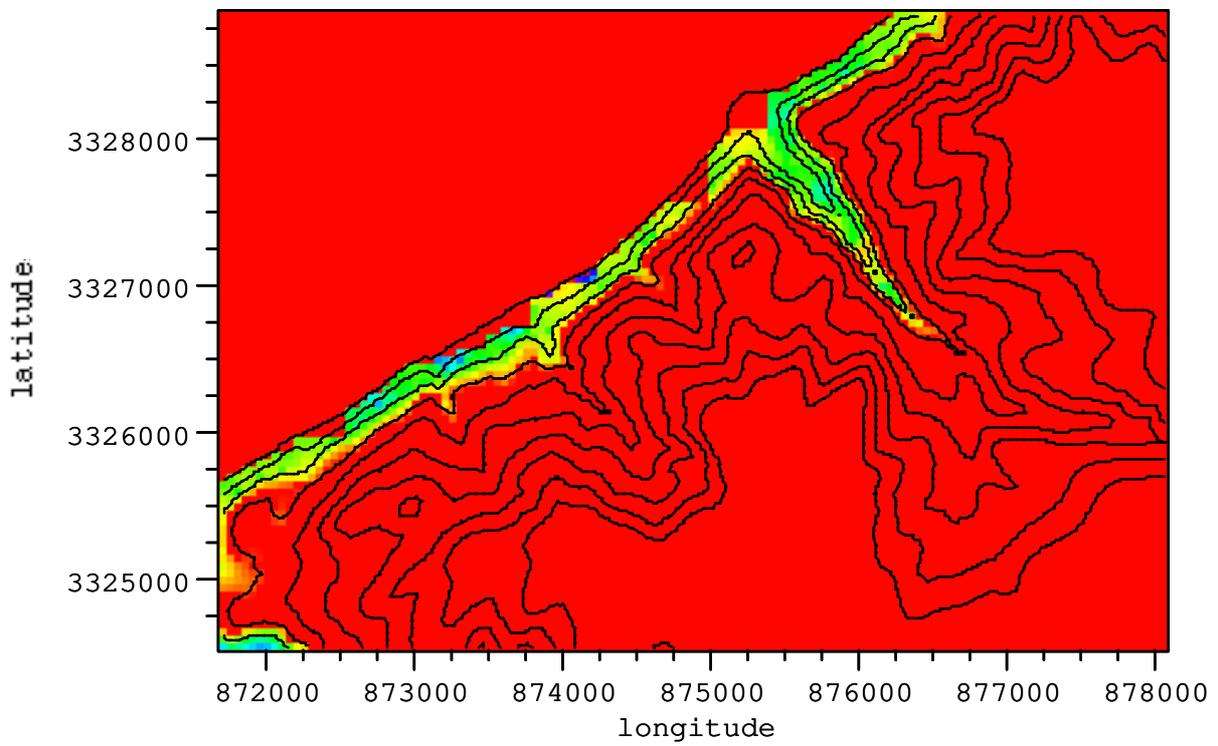
Replat reconstitué à 365 mètres



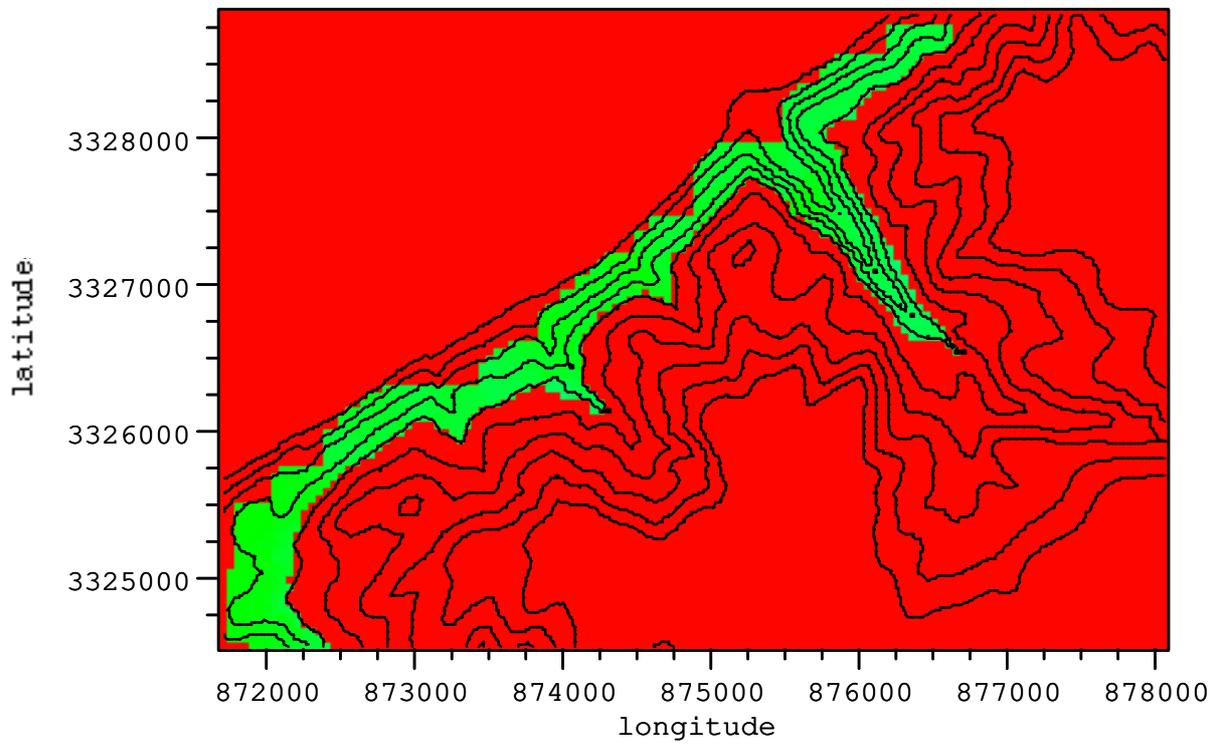
Incision du replat à 365 mètres depuis sa formation jusqu'à la formation du replat à 325 m



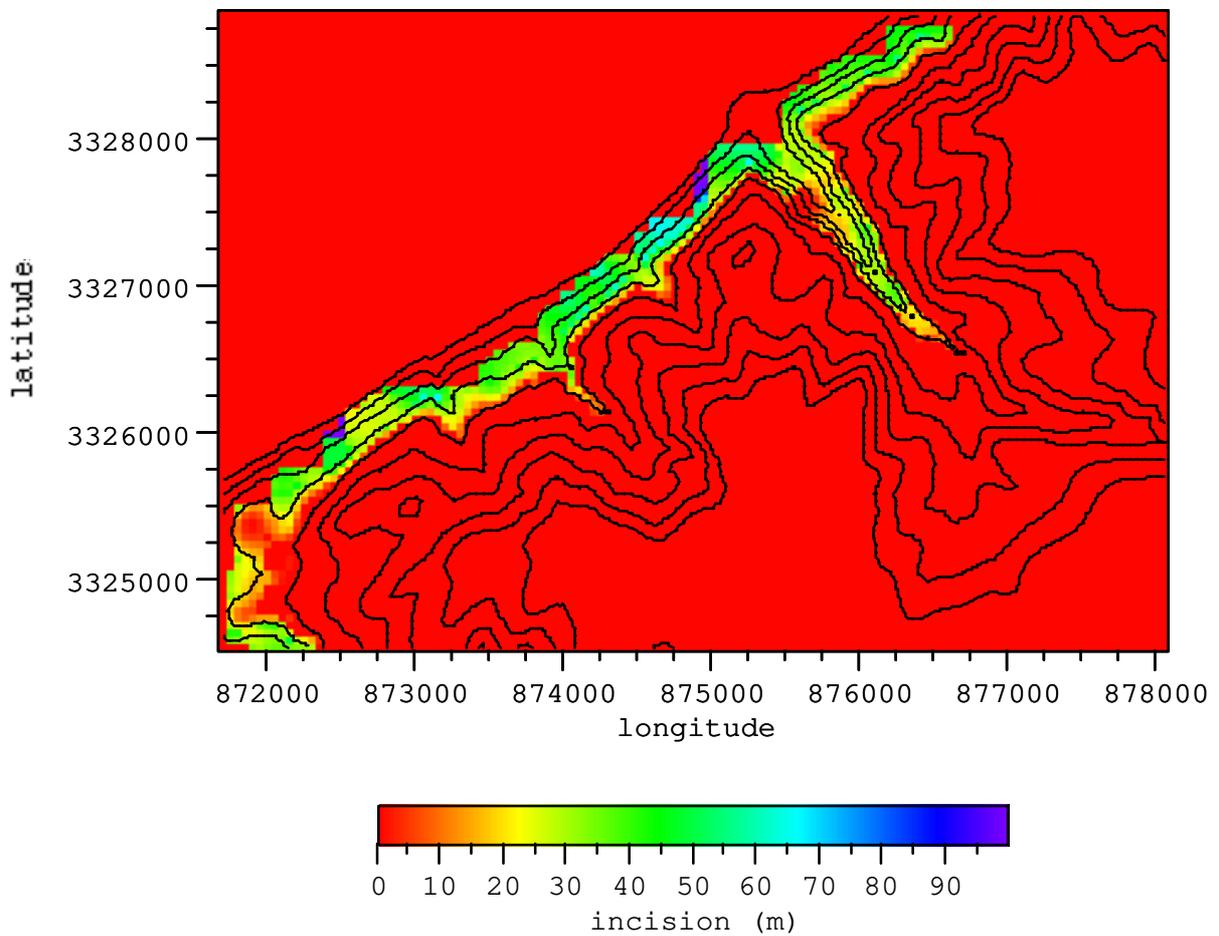
Replat reconstitué à 415 mètres



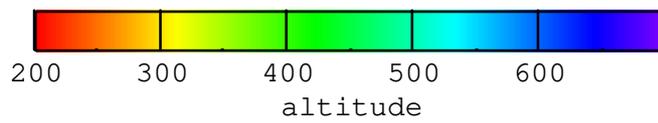
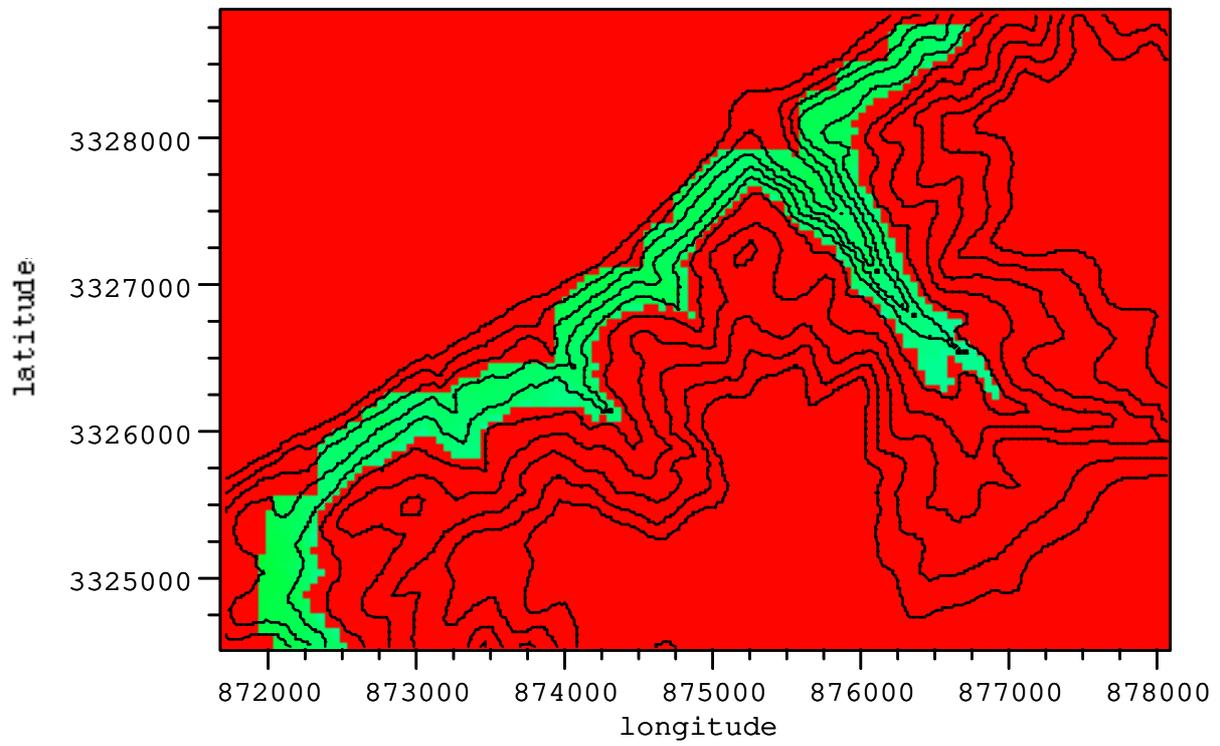
Incision du replat à 415 mètres depuis sa formation jusqu'à la formation du replat à 365 m



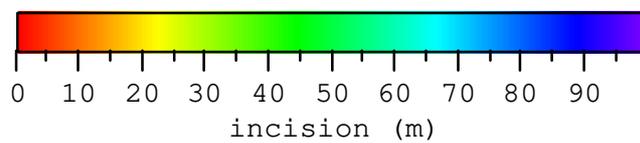
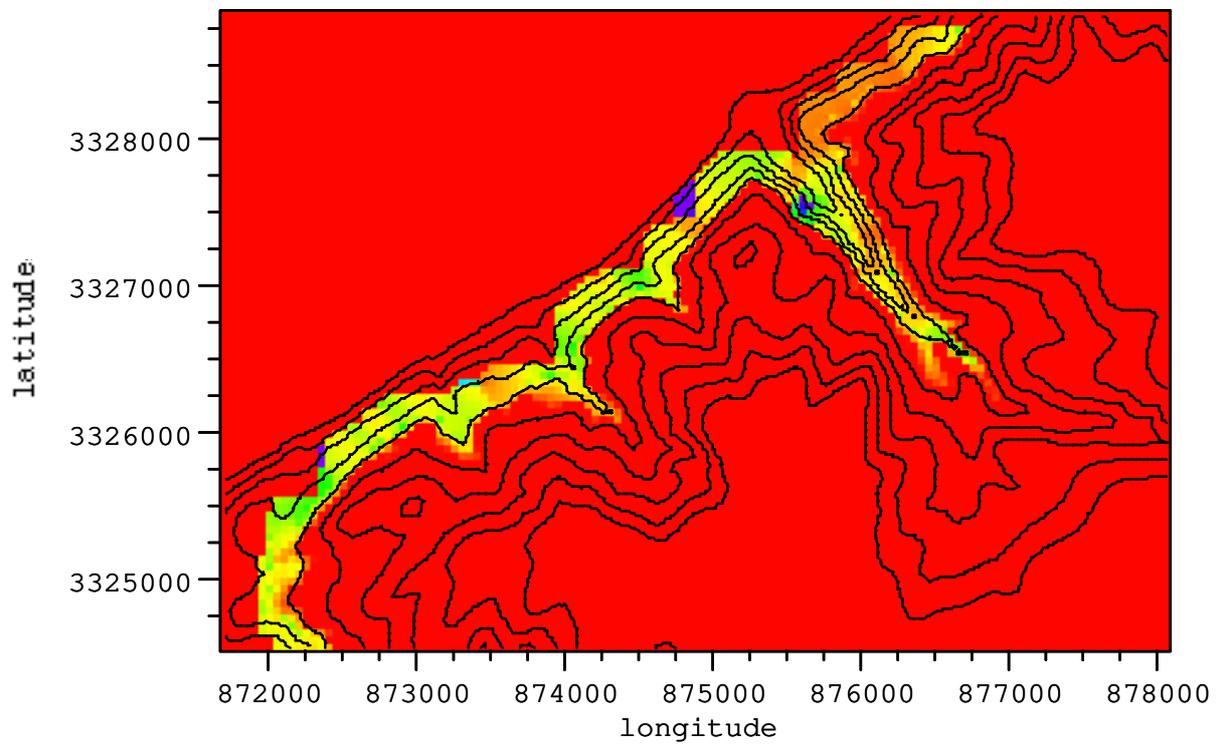
Replat reconstitué à 445 mètres



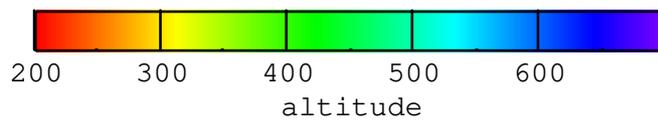
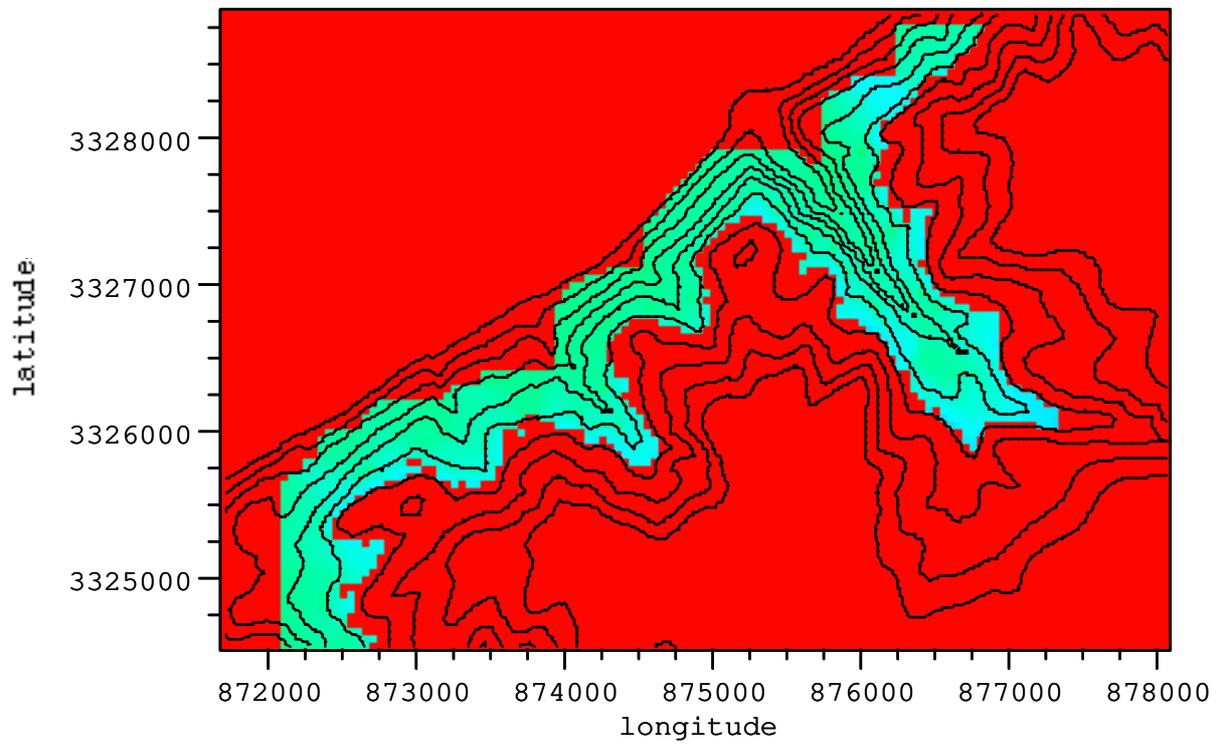
Incision du replat à 445 mètres depuis sa formation jusqu'à la formation du replat à 415 m



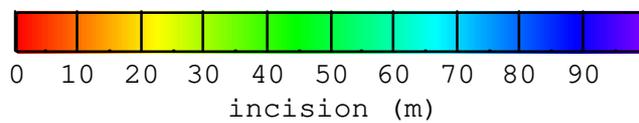
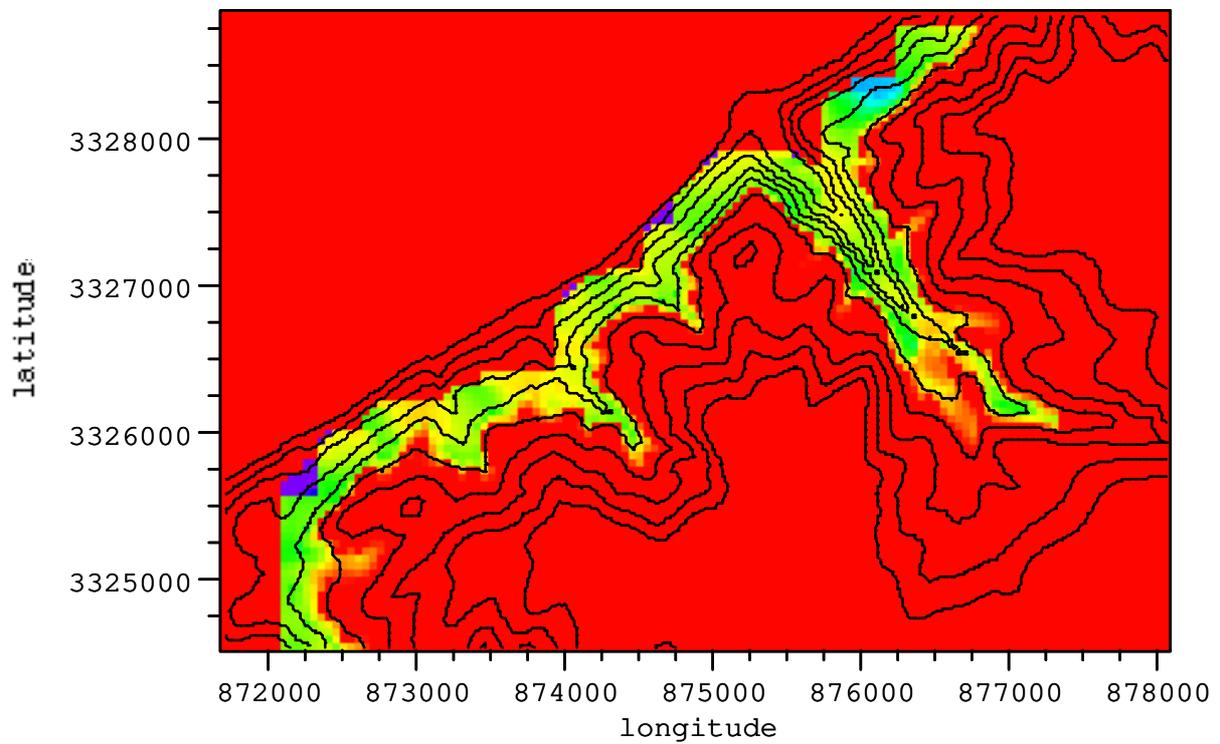
Replat reconstitué à 465 mètres



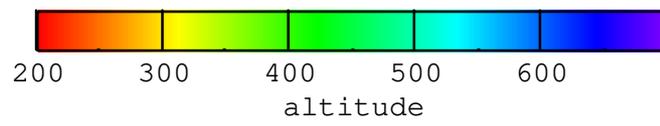
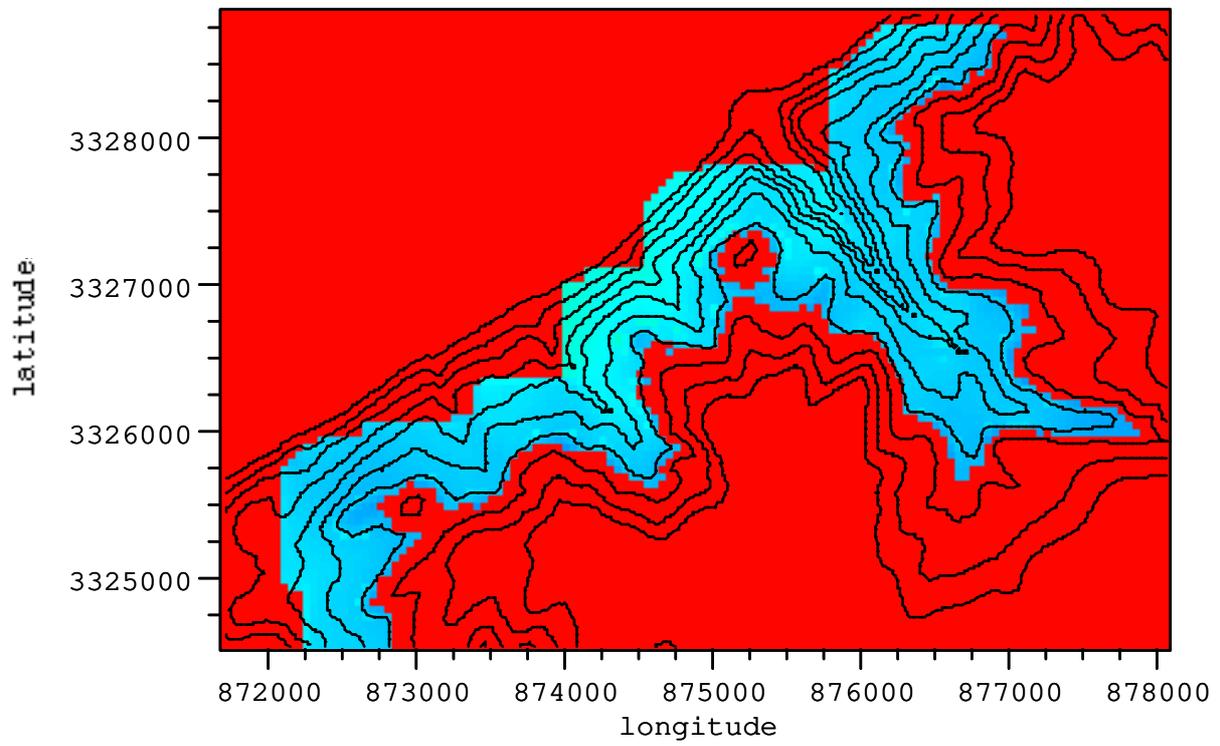
Incision du replat à 465 mètres depuis sa formation jusqu'à la formation du replat à 445 m



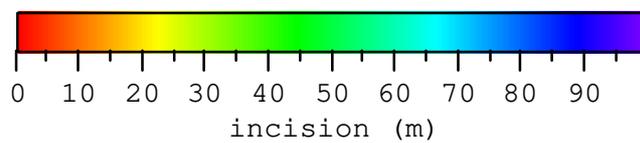
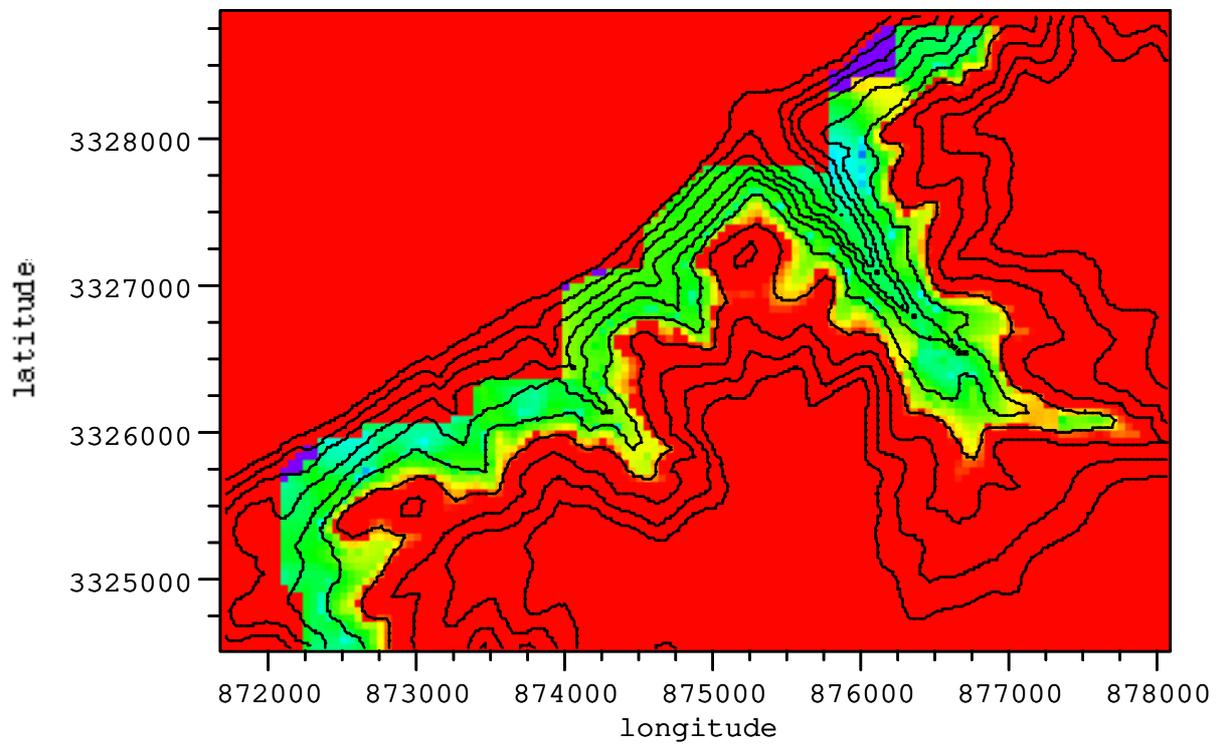
Replat reconstitué à 510 mètres



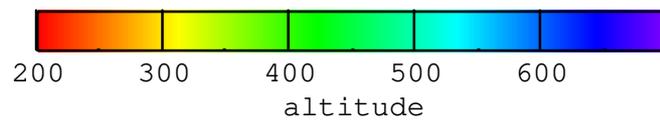
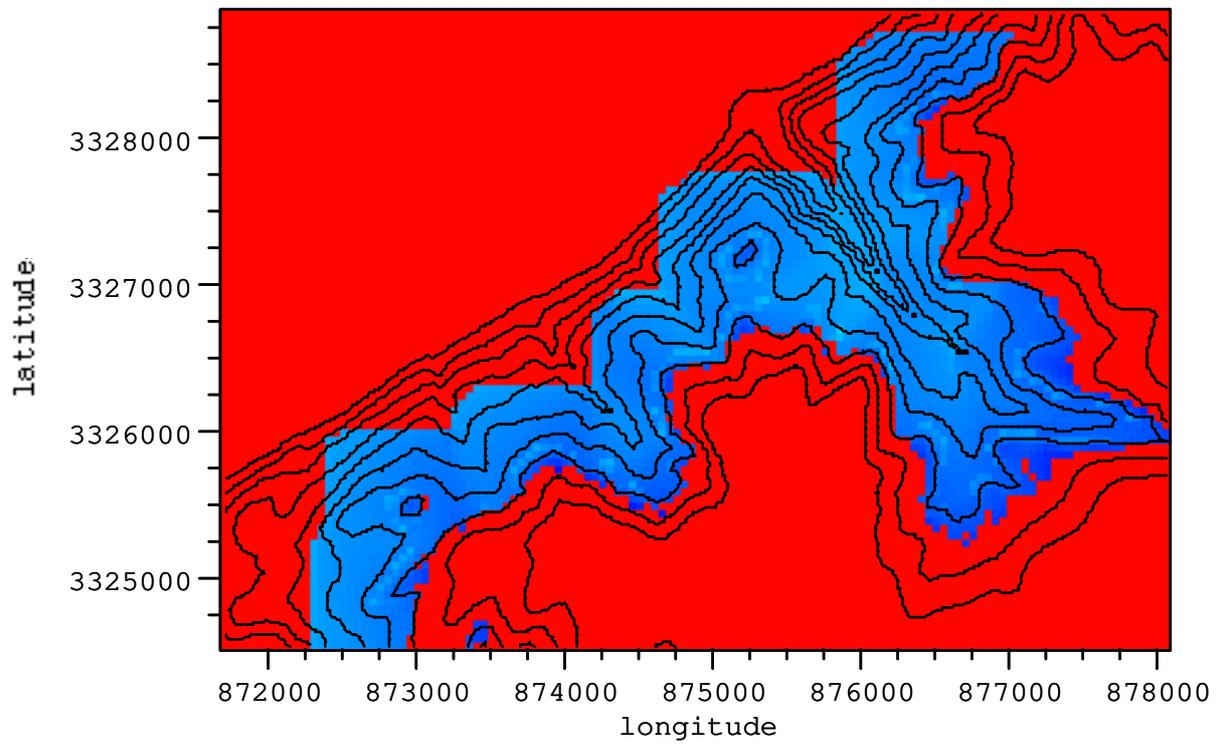
Incision du replat à 510 mètres depuis sa formation jusqu'à la formation du replat à 465 m



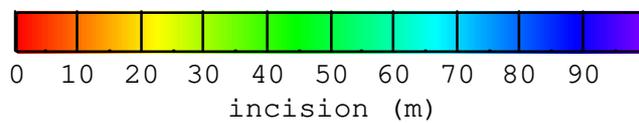
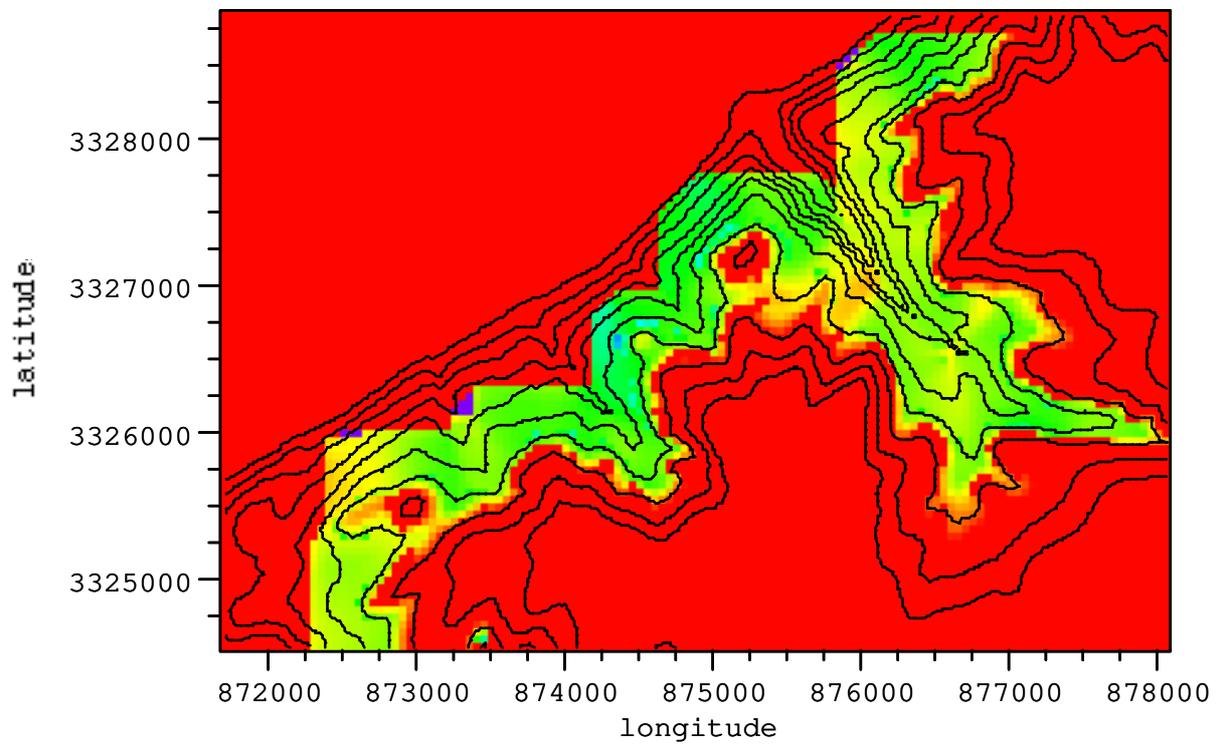
Replat reconstitué à 565 mètres



Incision du replat à 565 mètres depuis sa formation jusqu'à la formation du replat à 510 m



Replat reconstitué à 605 mètres



Incision du replat à 605 mètres depuis sa formation jusqu'à la formation du replat à 565 m