

Estimation des effets du changement d'utilisation des terres sur l'érosion hydrique et les hydrogrammes de crue dans le micro-bassin de la rivière Puca, sous-bassin de la rivière Daule.

1 Introduction

Du point de vue des sciences de la Terre, l'érosion est un aspect positif car elle transporte des sédiments et des nutriments vers les rivières, ce qui permet de maintenir l'équilibre sédimentaire dans les lits des rivières et sur les plages, et de conserver des zones fertiles telles que les plaines inondables et les deltas.

Cependant, les activités humaines, à travers la déforestation, la destruction de la végétation, les techniques agricoles inadéquates, les feux de forêt, la construction d'infrastructures et de mines, la modification des cours d'eau, etc. aggravent et accélèrent l'érosion, de l'érosion normale à l'érosion induite. (Rocha Felices, 1998).

Outre la perte de la capacité du sol à remplir ses fonctions en raison de l'érosion, il existe d'autres conséquences telles que : a) la pollution des cours d'eau, des écosystèmes fluviaux, des réservoirs et des ports en raison de l'entraînement de nutriments et de polluants (engrais et pesticides), b) la diminution de la qualité de l'eau, c) la réduction de la capacité des réservoirs en raison de la sédimentation et de l'eutrophisation, et d) l'envasement des canaux fluviaux.

En 1990, la dégradation des terres due à l'homme a été évaluée à l'échelle mondiale et représentait 19648 millions d'hectares de terres dégradées (environ 15% de la surface terrestre). Sur ce total, 55,6 % ont été affectés par l'érosion hydrique. (Caspari et al., 2014).

En 2015, les cultures annuelles couvraient 16 % des terres et étaient responsables de 41 % de l'érosion totale prévue des sols. (Borrelli et al., 2020). La même année, à l'échelle mondiale, on a estimé qu'entre 20 et 30 gigatonnes de terre végétale étaient déplacées chaque année par l'eau. (FAO & GTIS, 2015). Globalement, l'utilisation des terres agricoles (cultures annuelles, cultures permanentes et gestion des pâturages) est responsable de 54 % de l'érosion totale des sols. (Borrelli et al., 2020).

La croissance démographique et la nécessité de produire davantage de nourriture entraînent l'augmentation de la frontière agricole et le développement de l'agriculture intensive et extensive sans l'application de méthodes efficaces de protection des sols. (Espinosa et al., 2018).

En outre, il y a un manque de planification de l'utilisation des terres ; il n'y a pas de planification des zones à occuper pour le développement de l'agriculture, de l'élevage, du développement urbain, des ressources forestières, de la conservation des zones de recharge, etc. Les plans de développement et d'utilisation des terres de la plupart des gouvernements locaux sont ambigus sur cette question.

En ce qui concerne le changement d'affectation des sols, celui-ci a une relation directe avec les inondations, car les zones naturelles sont réduites par la déforestation, la reforestation, l'intensification de l'agriculture, le drainage des zones humides, la construction de routes et l'urbanisation, ce qui influence les processus d'infiltration et de redistribution de l'eau dans le sol, générant une augmentation des volumes de ruissellement et provoquant une augmentation des crues des rivières et générant des inondations. (FAO & GTIS, 2015) et les ouvrages d'infrastructure, tels que les ponts, sont dépassés dans leur conception en peu de temps.

Le changement d'utilisation et de couverture des sols joue un rôle décisif dans l'accroissement des risques hydrologiques, en raison de l'altération des relations quantitatives entre les éléments du cycle de l'eau, tels que l'interception, l'infiltration et l'évaporation. (Costache et al., 2020). Par conséquent, cette recherche vise à analyser l'influence du changement d'utilisation des terres dans un micro-

bassin versant sur la génération de l'érosion hydrique et l'augmentation du débit de la rivière Puca pour générer des inondations. De même, comment différents scénarios d'utilisation des terres génèrent des hydrogrammes avec leurs pointes de crue pour différents temps de retour.

2 Problème

Au fil du temps, le sous-bassin de la rivière Daule a subi des changements dans son paysage, en raison de diverses interventions effectuées par la population qui y vit. Le micro-bassin de la rivière Puca, faisant partie de ce sous-bassin, n'a pas été épargné par ces changements en matière d'occupation des sols.

En 2003, on estimait que 5891,50 ha étaient très sensibles à l'érosion et qu'il y avait 3867,53 ha de forêt, cependant, l'augmentation de l'activité agricole a conduit à la réduction de la zone forestière à 2587,33 ha en 2016, c'est-à-dire qu'en 13 ans 1280,20 ha ont été déboisés pour mettre en place des pâturages. (MAG & SIGAGRO, 2003; MAGAP, 2002). Cette situation indique que la capacité de régulation du micro-bassin versant a diminué et que le risque d'érosion hydrique a augmenté. En outre, il est possible qu'il y ait un apport élevé de sédiments dans le lit de la rivière Puca, qui est ensuite transféré à la rivière Daule. Cependant, il n'est pas possible de quantifier les tonnes de sol érodé chaque année, ni la quantité transférée au réseau d'eau.

Le micro-bassin versant est situé dans les cantons de Balzar, Olmedo et Colimes. Les plans de développement et de gestion du territoire (PDOT) de ces gouvernements locaux indiquent que l'érosion hydrique est une menace latente sur leurs territoires, mais ils ne la gèrent pas. (GAD Municipal de Balzar, 2014; GAD Municipal de Colimes, 2014; GAD Municipal de Olmedo, 2019).

En ce qui concerne les inondations, il a été déterminé que 5393,22 ha sont susceptibles d'être inondés, soit près d'un quart de la superficie totale (22405,75 ha) du micro-bassin versant est vulnérable à cette menace. (MAGAP, 2015). Selon les niveaux de susceptibilité, 2679,09 ha ont un niveau de susceptibilité élevé, et c'est précisément dans cette zone que se trouvent 19 des 37 établissements ruraux. (IGM, 2013). Le manque de gestion du micro-bassin et le changement d'utilisation des terres indiquent que les villages seront affectés par des inondations soudaines dues à l'augmentation du débit de la rivière Puca. Cependant, il n'existe aucune information hydrologique permettant de déterminer les crues maximales de la rivière Puca, d'autant plus lorsqu'il y a des changements dans l'utilisation des terres dans le bassin supérieur, moyen et inférieur.

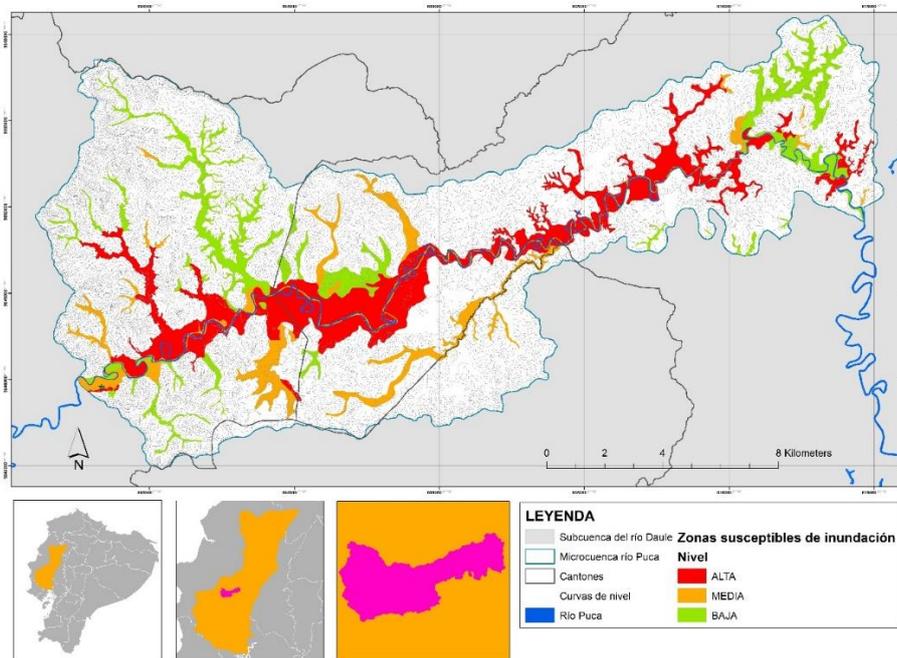
3 Objectif général

Évaluer les effets sur l'érosion de l'eau et l'hydrogramme des crues du changement d'utilisation des terres dans le micro-bassin versant de la rivière Puca.

4 Situation géographique

Le micro-bassin de la rivière Puca est situé au centre ouest du sous-bassin de la rivière Daule, avec une superficie de 224,05 km², il est situé entre les cantons d'Olmedo (province de Manabí), Balzar et Colimes (province de Guayas).

La rivière Puca traverse le micro-bassin versant pour rejoindre la rivière Daule plus au sud. 76% de la superficie totale du micro-bassin n'est pas sensible aux inondations, tandis que 24% est sensible aux inondations avec différents niveaux de sensibilité (élevé, moyen et faible). Il y a 37 villages répartis en zones haute, moyenne et basse.



Source : IGM, 2013 ; MAGAP, 2016 ; SENAGUA, 2014.
Préparé par : Eduardo Rodríguez

Figure 1. Localisation du micro-bassin versant de la rivière Puca.

5 Méthodologie

5.1 Estimation de l'érosion hydrique

On a utilisé l'équation universelle révisée de perte de sol (RUSLE), qui est composée des facteurs érosivité, érodabilité, longueur, pente, couverture du sol et pratiques de gestion et de conservation. Chaque facteur a été calculé séparément selon les formules et équations proposées par diverses études (voir annexe 1).

5.1.1 Facteur d'érosivité (R)

Le facteur R indique la capacité potentielle des précipitations à provoquer l'érosion. Pour sa détermination, 14 années de données pluviométriques mensuelles provenant de 8 stations météorologiques ont été collectées, analysées et validées par des tests statistiques (test t de Student et test F de Fisher), et 3 stations artificielles ont été créées, dont les données mensuelles moyennes ont été obtenues par la méthode de la distance inverse au carré. L'indice de Fournier modifié (MFI) et le facteur d'érosion pour chacune des stations météorologiques ont été calculés avec les années de plus forte pluviométrie (voir annexe 2), puis interpolés dans ArcMap pour générer un raster du facteur R. En outre, une comparaison de la valeur de ce facteur a été faite avec les données calculées à partir de l'équation INAMHI des intensités maximales en 24 heures pour des intensités de pluie de 30 minutes (I_{30}) pour une période de retour de deux ans .

5.1.2 Facteur de longueur et gradient de pente (LS)

Ce facteur établit l'influence du relief sur l'érosion hydrique. Il s'agit du produit des sous-facteurs longueur (L) et pente (S) du terrain. Pour la détermination du premier sous-facteur, le modèle numérique de terrain (MNT) du micro-bassin versant a été obtenu et les imperfections ont été

remplies dans ArcMap. Cet outil a été utilisé pour appliquer l'expression algébrique de Foster et al. (J. G. Rodríguez & Suárez, 2008) et la formule de Velásquez (2008). Avec les données obtenues, on a obtenu une trame du sous-facteur L. Pour le sous-facteur suivant, la formule de McCool et al, citée par Renard, a été appliquée (Renard et al., 1997) selon le type de pente, pour obtenir une trame du sous-facteur S. Les deux sous-facteurs ont été multipliés pour obtenir un facteur LS.

5.1.3 Facteur d'érodabilité (K)

Ce facteur indique la susceptibilité du sol à l'érosion. La pertinence de l'utilisation des informations de la carte mondiale numérisée des sols (DSMW) de la FAO-UNESCO à l'échelle 1:5000000, de la carte de texture des sols de l'Equateur de SIG-Tierras à l'échelle 1:25000 et des profils pédologiques de l'Equateur pour la détermination du facteur K a été évaluée, ces derniers étant choisis pour les calculs. La formule Williams a été appliquée (Arnold et al., 2012) a été appliquée pour obtenir le facteur K_{USLE} et la valeur finale de K pour chaque profil (voir Annexe 4), qui ont ensuite été interpolés dans ArcMap pour générer un raster du facteur K (voir Annexe 5).

5.1.4 Facteur de couverture des terres et de gestion des sols (C)

Ce facteur représente le taux de perte de sol lié à l'état spécifique de la culture ou de la culture de couverture. (Cisneros et al., 2012). Pour l'obtenir, des images satellites ont été téléchargées de 2013 à 2016 pour différentes saisons (hiver et été) à partir des bandes 4 (rouge), 5 (proche infrarouge (NIR)) et 6 (infrarouge à ondes courtes (SWIR 1)) du satellite Landsat 8. Cependant, en raison de la forte couverture nuageuse de la plupart des images, il a été décidé de n'utiliser que cinq d'entre elles afin d'éviter toute distorsion des données. Chacune des bandes a été géoréférencée et recadrée avec les limites du micro-bassin versant. Ensuite, la composition des images de la bande et le calcul du NDVI de chacune d'entre elles ont été effectués afin d'obtenir un NDVI moyen. La formule proposée par Durigon et al. a été appliquée pour obtenir une trame du facteur C (voir annexe 7).

5.1.5 Facteur "pratiques de conservation du sol" (P)

Le facteur P est le résultat des pratiques (cultures en courbes de niveau, cultures en bandes nivelées ou cultures en terrasses) visant à réduire l'érosion du sol. Ce facteur prend des valeurs de 0,1 à 1. Lorsque la valeur est proche de 0,1, cela indique de bonnes pratiques de conservation et à 1, les pratiques sont nulles. En raison du manque d'études et d'informations disponibles, ce facteur est quantifié comme 1 dans plusieurs études d'érosion réalisées en Équateur. (Bustamante, 2020; Ochoa-Cueva et al., 2015). Une visite sur le terrain a été effectuée en différents points du micro-bassin versant afin d'observer si des pratiques de conservation sont mises en œuvre telles que : la culture en courbes de niveau, la culture en bandes en courbes de niveau et les sillons et terrasses irrigués, pour être géoréférencées et procéder au calcul du facteur P selon la méthodologie de Wischmeier et Smith (Wischmeier & Smith, 1978). Aucune pratique de conservation n'a été trouvée, donc la valeur du facteur P a été déterminée comme étant de 1.

5.2 Taux de livraison des sédiments (SDR)

La DTS indique le volume de sédiments transportés vers les collecteurs principaux (rivières). Avec le MNE du micro-bassin, un raster du réseau de drainage a été généré dans ArcMap avec sa hiérarchie respectives, permettant de calculer le coefficient de bifurcation moyen du réseau hydrographique. De même, le cours principal et sa pente ont été déterminés, ainsi que la superficie du micro-bassin versant. Pour obtenir la valeur de la DTS en pourcentage, l'équation d'Avendaño et al (1994) a été appliquée, puis multipliée avec les données d'érosion hydrique pour quantifier la contribution sédimentaire reçue par la rivière Puca en tonnes/ha/an.

5.3 Hydrogrammes

5.3.1 HiétoGramme

Les enregistrements pluviographiques génèrent une courbe des précipitations cumulées ou une courbe des masses de précipitations, depuis le début de l'averse, qui est disposée dans un graphique de la profondeur ou de l'intensité des précipitations en fonction du temps, appelé hiétoGramme. (Chow et al., 1988; Monsalve Sáenz, 1999). Pour la générer, la valeur Id_{TR} a été obtenue pour la période de retour 25, 50 et 100 ans dans la carte des isolignes d'intensité pluviométrique de l'INAMHI et a été remplacée dans l'équation deux de l'intensité pluviométrique de la station M-159 La Naranja de l'INAMHI, pour obtenir l'intensité pluviométrique en mm/heure pour les trois périodes de retour. Avec ces données, la profondeur cumulée (mm) et incrémentale (mm) a été calculée pour chaque durée et temps de retour (25, 50 et 100 ans), qui a été déterminé par le temps de concentration. La méthode des blocs alternés a été appliquée de sorte que les incréments ou blocs sont réarrangés dans une séquence temporelle, de sorte que la valeur maximale se produit au centre de la durée requise et les autres blocs sont en ordre décroissant alternativement à droite et à gauche du bloc central pour former le hiétoGramme. (Chow et al., 1988).

5.3.2 Numéro de la courbe de ruissellement (CN)

Comme le micro-bassin ne dispose pas d'enregistrements de mesures de débit de la rivière Puca, on a appliqué la méthode du nombre de courbes de ruissellement (NC) développée par le Soil Conservation Service (SCS), qui permet de calculer les abstractions de précipitations d'un orage impliquant l'interception, la rétention de surface et l'infiltration, c'est-à-dire d'obtenir la précipitation effective ou la feuille qui produit le ruissellement de surface direct. (Vélez, 2000).

Pour le déterminer, la carte des textures du sol de l'Équateur a été découpée avec la surface du micro-bassin versant pour calculer sa superficie et voir quelles textures correspondent aux différents groupes hydrologiques. La carte 2016 de l'utilisation et de la couverture des sols de l'Équateur a été découpée avec la superficie du micro-bassin versant pour calculer la superficie des différentes utilisations et couvertures. Les deux cartes ont ensuite été croisées pour créer une seule carte. Avec la base de données cartographique, des sous-bases ont été générées pour chaque groupe hydrologique avec leur couverture terrestre respective, où les valeurs des nombres de courbes ont été intégrées selon l'évaluation du tableau de Monsalve (2004) et ensuite le nombre de courbes moyen du micro-bassin versant a été obtenu.

5.3.3 Modélisation

Le logiciel HEC-HMS a été utilisé pour la modélisation. Il s'agit d'un logiciel qui utilise les méthodes de pluie et de ruissellement pour estimer les hydrogrammes de ruissellement direct générés par les précipitations dans un bassin pendant une période donnée. Dans ce programme, les méthodes à utiliser ont été ajustées, plusieurs paramètres calculés précédemment ont été intégrés (surface, prélèvement initial, numéro de courbe, temps de retard), les hiétoGrammes pour chaque temps de retour et les données de sortie, obtenant un hydrogramme de crue de la rivière Puca pour des temps de retour de 25, 50 et 100 ans.

5.4 Scénarios

Pour déterminer les effets du changement d'affectation des terres sur l'ampleur des crues de la rivière Puca, neuf scénarios ont été générés. Pour ce faire, les superficies des catégories d'utilisation du sol (agricole, mixte agricole et élevage, eau, anthropique, conservation et production, conservation et protection, élevage, protection et production, et terres improductives) ont été modifiées en fonction de la tendance de l'utilisation de l'espace, qui s'est basée sur les visites de terrain et la croissance annuelle moyenne de la population, générant divers nombres moyens de courbes et de prélèvements initiaux. Ces informations ont été saisies dans HEC-RAS pour obtenir

différents hydrogrammes de crue pour chaque scénario avec des périodes de retour de 25, 50 et 100 ans.

6 Résultats et discussion

6.1 Érosion de l'eau

La distribution spatiale de l'érosion a été quantifiée avec les couches des facteurs qui composent le modèle paramétrique RUSLE : érosivité, érodabilité, longueur et gradient de la pente, couverture et gestion des terres dans le logiciel ArcMap 10.6.1. Où l'équation suivante a été appliquée : $A = R * K * LS * C * P$. Chacun des facteurs a été calculé séparément.

L'intensité et la durée des précipitations sont les plus importantes dans ce paramètre. Sur la base de la méthodologie établie et en utilisant l'équation pour le facteur R, on obtient une fourchette de 596,03 à 490,32 MJ mm h⁻¹ ha⁻¹ année⁻¹ avec une moyenne de 544,00 MJ mm h⁻¹ ha⁻¹ année⁻¹. La distribution spatiale de ce facteur est plus élevée de la troisième partie du micro-bassin vers l'ouest (voir annexe 3), en raison de la localisation de la chaîne de montagnes côtières à l'ouest de cette unité hydrographique (voir figure 2).

Quant à l'érodabilité, elle dépend principalement de la teneur en matière organique et de la texture du sol. On a donc utilisé les études de profils pédologiques réalisées à l'intérieur (16 profils) et à côté (13 études) du micro-bassin versant, de sorte que dans chacun d'eux les horizons présentaient différents pourcentages de sable, de limon, d'argile et de matière organique à différentes profondeurs, en obtenant la moyenne et en appliquant l'équation déterminée. Pour chaque profil, son facteur K a été déterminé et ensuite interpolé dans ArcMap. La fourchette de K va de 0,07 à -0,03 tonne h MJ⁻¹ mm⁻¹, avec une moyenne de 0,02 tonne h MJ⁻¹ mm⁻¹ (voir figure 2).

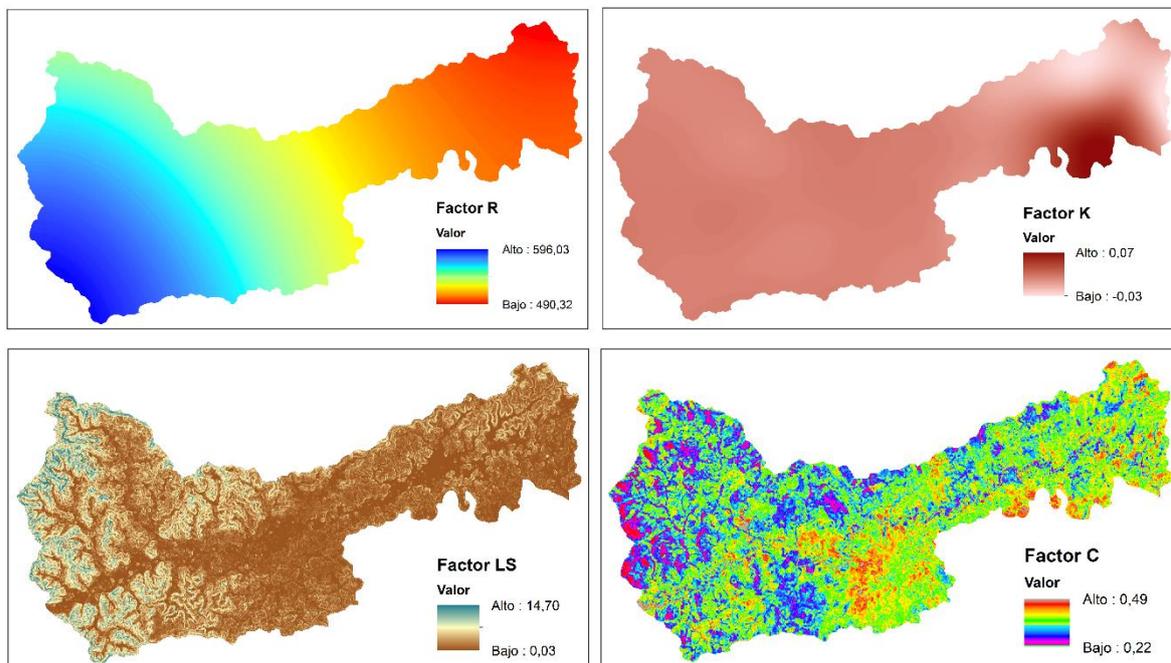


Figure 2 Résultat des facteurs du modèle RUSLE du micro-bassin versant de la rivière Puca.

La variation spatiale du facteur combiné LS dépend du relief du micro-bassin versant. La valeur topographique varie de 0,03 à 14,70 avec une moyenne de 1,92 (voir figure 2). Les valeurs de ce facteur augmentent avec l'augmentation du débit et l'accumulation des pentes. Les valeurs faibles sont réparties dans les zones basses du micro-bassin versant, tandis que les valeurs élevées sont

situées dans la zone vallonnée, qui ne présente pas une topographie abrupte. Cependant, elle a une influence sur la perte de sol (voir annexe 6).

En ce qui concerne l'occupation du sol, 5 images satellites Landsat 8 ont été utilisées, 2 de la saison estivale (2015) et 3 de l'hiver (2016), et le NDVI a été calculé pour chacune d'entre elles, afin d'obtenir un NDVI moyen, dont la valeur sans dimension était de 0,36. Avec l'application de la formule, le facteur C a présenté une gamme de 0,22 à 0,49 avec une valeur moyenne de 0,32 (voir figure 2).

Le facteur P n'a pas été représenté, car une valeur de 1 a été supposée pour l'ensemble du micro-bassin versant, indiquant que les pratiques de conservation du sol sont nulles, cette détermination a été basée sur la visite de terrain effectuée, où aucune culture n'a été identifiée dans les contours, les bandes et les terrasses, qui contribuent à atténuer l'érosion de l'eau.

L'analyse effectuée à l'aide du modèle RUSLE pour estimer la perte annuelle de sol dans le micro-bassin versant a généré une moyenne de 6,85 t/ha/an (voir tableau 1), ce qui, selon la classification de la FAO, correspondrait à un niveau léger.

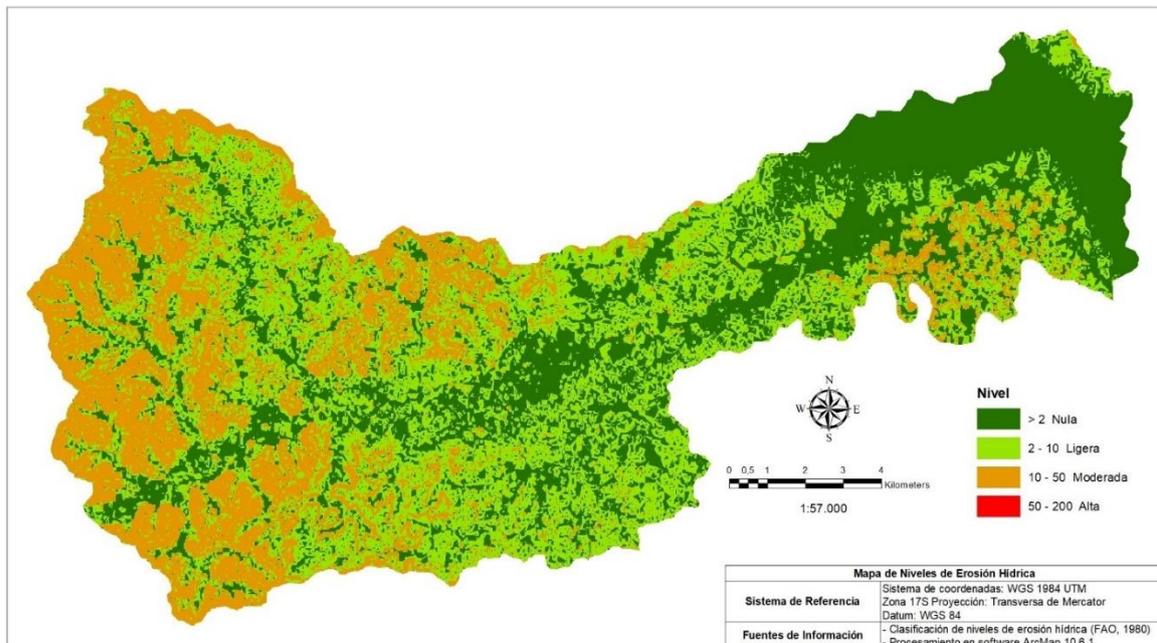


Figure 3 Érosion hydrique dans le micro-bassin versant de la rivière Puca.

Cependant, la distribution spatiale indique qu'un tiers (35,02%) n'a aucune érosion, tandis que 38,65% ont une érosion légère. Une érosion modérée est présente dans les zones en pente avec 26,33%, où des pâturages pour le bétail et la culture du maïs sont mis en œuvre. La forte érosion est très minime et n'a aucun poids dans le pourcentage (voir tableau 1).

Tableau 1 Niveaux d'érosion hydrique pour le micro-bassin versant selon la classification de la FAO

Perte de sol (t/ha/an)	Niveau d'érosion	Superficie (ha)	
>2	Nulle	7845,53	35,02
2-10	Léger	8659,86	38,65
10 - 50	Modéré	5899,35	26,33
50 - 200	Haut	1,01	0,00
Total		22405,75	100,00

Source : Élaboration de l'auteur selon la classification de la FAO (1980).

Les données obtenues coïncident avec les résultats de l'étude réalisée par Pacheco et al. (2009) dans la province de Manabí, où il classe le risque d'érosion dans le canton d'Olmedo comme moyen en raison de ses pentes faibles à modérées et de ses précipitations modérées. (Pacheco et al., 2019). Cependant, Gutierrez (2020) détermine que 11 micro-bassins versants situés sur le côté ouest du sous-bassin versant de la rivière Daule (province de Manabí) ont un niveau d'érosion catastrophique (> 200 t/ha/an), et un de ces micro-bassins versants a un niveau d'érosion catastrophique (> 200 t/ha/an). (Gutiérrez, 2020) L'un de ces micro-bassins (Estero Boquerón) fait partie de la zone d'étude, cette différence est due au fait que dans la méthodologie de détermination du facteur C, les valeurs C ont été attribuées sur la base de Wischmeier et Smith. (Wischmeier & Smith, 1978) alors que l'étude actuelle est basée sur la méthodologie de télédétection pour obtenir des données plus précises.

6.2 Hydrogramme de crue

Compte tenu de la longueur (58,44 km) et de la différence d'élévation du canal principal (308,13 mètres), le temps de concentration (T_c) calculé avec la formule de Kirpich est de 688 minutes (voir annexe 10). Sur la base du T_c , on a appliqué l'équation deux de l'intensité des précipitations de la station INAMHI M-159 La Naranja, en obtenant le I_{TR} pour des temps de retour (RTD) de 25, 50 et 100 ans pour des durées de 30 minutes et les précipitations qui composent chacun des hiétoigrammes (voir Figure 4).

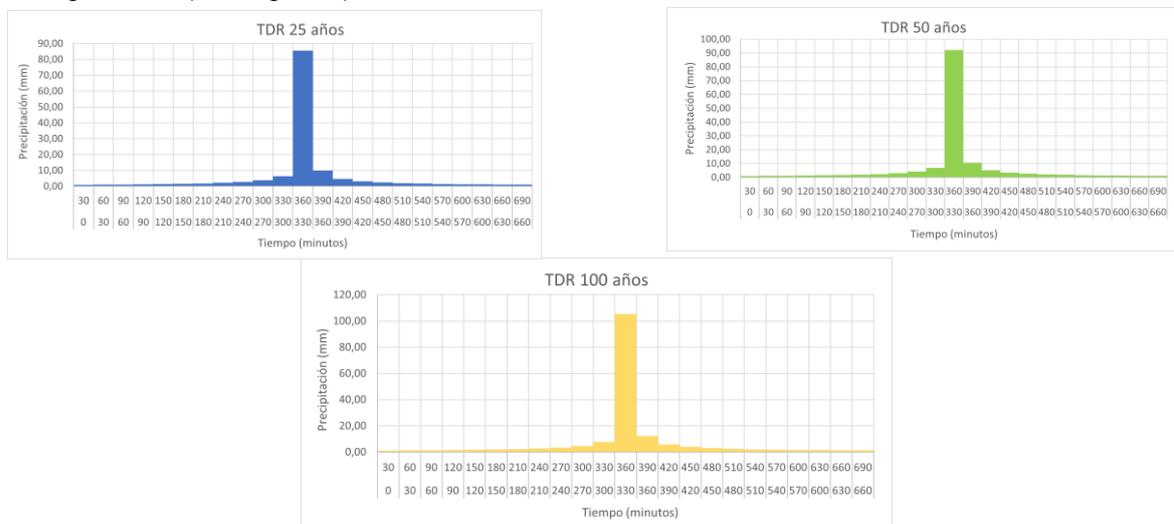


Figure 4 Hiétoigrammes pour des temps de retour de 25, 50 et 100 ans

En ce qui concerne les groupes hydrologiques du micro-bassin versant, le groupe B (loam et argile loam), le groupe C (argile sableuse) et le groupe D (argile) représentent respectivement 74%, 12% et 14% de la surface totale. ArcMap a été utilisé pour intersecter l'occupation du sol avec les groupes hydrologiques afin de déterminer les surfaces et d'intégrer le numéro de courbe (CN) de chacun d'entre eux, obtenant un CN moyen de 71 et un indice d'abstraction (AI) de 25,94 (voir Tableau 2).

Dans le logiciel HEC-HMS, la méthode de perte (numéro de courbe SCS) et la méthode de transformation (hydrogramme unitaire SCS) ont été sélectionnées. Les valeurs de surface, les NC moyennes, les hyétogrammes pour TDR 25, 50 et 100 ans, les intervalles de temps et la sortie des résultats (date et heure de début et de fin) ont été saisis. Le modèle a déterminé que, au début des précipitations, à 560 minutes (9,33 heures), le débit maximal de la rivière Puca se produit au point de sortie du micro-bassin. Aux DNF de 25, 50 et 100 ans, le débit maximal estimé est de 364,9, 422,2 et 531,5 m³ /s, respectivement (voir le tableau 2).

6.3 Scénarios

Pour déterminer les effets des changements d'utilisation des terres sur l'ampleur des crues de la rivière Puca, trois scénarios ont été générés. Initialement, les scénarios étaient basés sur l'augmentation de la population dans le micro-bassin versant, car elle influence l'expansion de la frontière agricole, le changement d'utilisation des terres et l'augmentation des zones urbaines. Cependant, lors des visites sur le terrain, on a observé une tendance à mettre en place des plantations commerciales de teck dans le bassin versant moyen et supérieur. Par conséquent, les scénarios proposés ont été ajustés pour être compatibles avec la réalité.

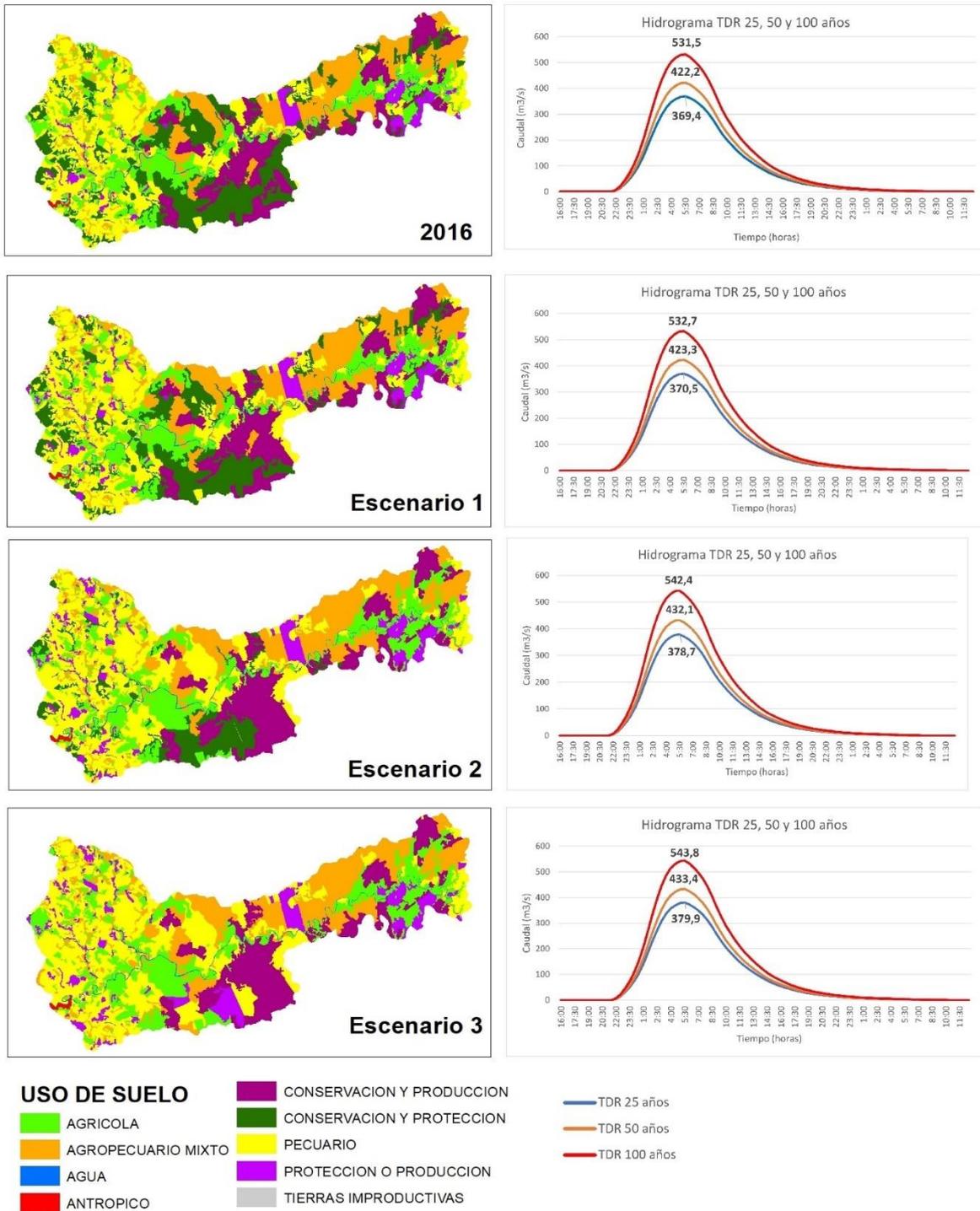
Dans chacun d'entre eux, la superficie de l'occupation du sol a été modifiée et intersectée avec les groupes hydrologiques pour obtenir les moyennes NC et la. Ces informations ont ensuite été saisies dans HEC-HMS afin d'obtenir les hydrogrammes de crue pour chaque DNF (voir le tableau 2).

Tableau 2 Débits maximums pour chaque TDR en fonction du scénario

Scénario	Numéro de la courbe	Débit maximal (m ³ /s)		
		TDR 25	TDR 50	TDR 100
Base (2016)	71,00	369,4	422,2	531,5
1	71,07	370,5	423,3	532,7
	71,62	378,7	432,1	542,4
	71,70	379,9	433,4	543,8

Source : Élaboration propre de l'auteur.

Dans le scénario 1, en augmentant la surface des couvertures terrestres qui composent chacune des catégories d'utilisation des sols, telles que : agriculture et élevage mixtes, conservation et production, élevage et protection ou production au détriment de la conservation et de la protection, y compris les forêts humides et sèches, la CN augmente de 0,07 par rapport au scénario de base, générant une augmentation des débits en fonction du temps, avec des pics de ruissellement aux différents temps de retour (voir Figure 5).



Source : Élaboration propre de l'auteur.

Figure 5 Utilisation du sol et hydrogramme de crue pour des temps de retour de 25, 50 et 100 ans.

Dans le scénario 2, la même procédure est suivie, mais la zone agricole est ajoutée et augmentée, et la zone de la catégorie protection et production est augmentée par l'extension de la zone des plantations de teck dans le bassin versant moyen et supérieur. La superficie des zones de conservation et de protection est également réduite de plus de la moitié. Ces changements ont

augmenté le NC de 0,62 par rapport au scénario de base et des hydrogrammes avec les débits de crue maximum pour les trois RWT ont été obtenus, mais ceux-ci étaient plus élevés par rapport au scénario 1 (voir Figure 5).

Le scénario 3 est le plus sévère car la superficie de la catégorie conservation et production a diminué de façon drastique, surtout dans le bassin moyen, alors que les autres catégories ont augmenté leurs superficies. La CN a augmenté de 0,7 par rapport au scénario de base, générant un hydrogramme avec des valeurs de débit de pointe plus élevées pour les différents DNF, légèrement supérieures à celles du scénario 2 (voir figure 5).

7 Conclusions

L'utilisation des terres du micro-bassin versant de la rivière Puca en 2016 génère une perte annuelle de sol de 6,85 t/ha/an, classée comme un léger niveau d'érosion. La distribution spatiale montre qu'un tiers (35,02%) de la zone d'étude n'a pas d'érosion, ce qui se réfère au bassin versant inférieur, tandis qu'une autre partie (38,65%) indique un léger niveau d'érosion en se situant entre les plages de 2 à 10 t/ha/an. Par contre, 26,33% montrent un niveau d'érosion modéré, ce qui correspond précisément à la zone de la Chaîne Côtière, où les unités productives ont mis en place des pâturages, des plantations de maïs et de teck avec des parcelles de forêt.

Selon l'utilisation des terres, l'hydrogramme a été généré dans le logiciel HEC-HMS, l'un des résultats a montré qu'une fois que les précipitations commencent dans le micro-bassin, il faut 9,33 heures pour avoir le débit maximum de la rivière Puca au point de sortie, puis diminue progressivement. Les débits maximaux obtenus pour des TDR de 25, 50 et 100 ans sont respectivement de 364,9, 422,2 et 531,5 m³/s. Ceci indique que ces flux ont généré le débordement du fleuve et l'inondation des cultures et des centres de population.

Les trois scénarios ont montré qu'en augmentant la superficie des catégories d'utilisation des terres (agricole, mixte agricole et élevage, anthropique, conservation et production, élevage et protection ou production), avec une diminution de la superficie de la catégorie conservation et protection, le nombre de coudes a augmenté par rapport au scénario de base (2016) et le débit a commencé à augmenter en fonction du temps jusqu'à atteindre les débits de crue maximums pour les DNF 25, 50 et 100 ans.

Dans le scénario 3, la couverture de forêt, de broussailles et de végétation appartenant à la catégorie de conservation et de protection a été réduite à son minimum, ce qui a donné une NC plus élevée (71,70) qui, aux DNF de 25, 50 et 100 ans, a généré des hydrogrammes où les pics de ruissellement étaient de 379,9, 433,4 et 543,8 m³/s, respectivement. Les scénarios montrent que le changement d'utilisation des terres a des implications directes sur le débit de la rivière Puca.

8 Message clé aux parties prenantes.

Les rivières et les plaines d'inondation ont une relation directe avec les parties supérieures des bassins, ce n'est pas un système isolé, les activités menées en amont ont un impact sur le développement des habitants en aval.

La planification et la gestion de l'utilisation des sols sont essentielles, notamment pour éviter d'accroître la frontière agricole et pour préserver les quelques forêts restantes, qui remplissent des fonctions vitales, non seulement en matière d'environnement mais aussi en matière d'eau, car leur élimination augmente le risque de catastrophes dues aux inondations dans le bassin inférieur.

Des accords devraient être conclus avec les agriculteurs qui possèdent encore des vestiges de forêt sur leurs propriétés, dans le but qu'ils préservent et/ou augmentent cette surface en échange d'une incitation quelconque, telle que : le non-paiement de l'impôt foncier, le paiement de la surface conservée (programme socio-forestier), les bénéficiaires de projets socio-économiques, etc.



La mise en œuvre d'un programme à long terme de pratiques de conservation des sols va de pair avec un accord conjoint entre les gouvernements locaux, les institutions publiques et les organisations d'agriculteurs pour répondre par des mesures dans les secteurs où l'érosion est présente, et par des actions préventives dans ceux où elle est encore absente.

9 Bibliographie

- Arnold, J., Kiniry, J., Srinivasan, R., Williams, J., Haney, E. et Neitsch, E. (2012). *Outil d'évaluation des sols et des eaux*. Institut des ressources en eau du Texas.
<https://swat.tamu.edu/media/69296/swat-io-documentation-2012.pdf>
- Borrelli, P., Robinson, D. A., Panagos, P., Lugato, E., Yang, J. E., Alewell, C., Wuepper, D., Montanarella, L., & Ballabio, C. (2020). Incidences de l'utilisation des terres et du changement climatique sur l'érosion des sols par l'eau à l'échelle mondiale (2015-2070). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(36), 21994-22001.
<https://doi.org/10.1073/pnas.2001403117>
- Bustamante, J. A. C. (2020). *Évaluation du risque d'érosion hydrique dans le sous-bassin hydrographique Alamor, rivière Catamayo-Chira, Équateur* [Université de Salzbourg].
https://www.researchgate.net/profile/Jorge-Calderon-Bustamante/publication/349236135_Assessment_of_water_erosion_risk_in_the_subwatershed_Alamor_river_Catamayo-Chira_Ecuador/links/6025f539299bf1cc26bce02b/Assessment-of-water-erosion-risk-in-the-subwatershed-Alamor-river-Catamayo-Chira-Ecuador.pdf
- Caspari, T., Sasha, A., Brink, B. ten, & Laestadius, L. (2014). *Examen des évaluations mondiales de la dégradation des terres et des écosystèmes et de leur pertinence pour atteindre les objectifs de biodiversité d'aichi relatifs aux terres* (p. 29) [Rapport technique]. Conférence des Parties à la Convention sur la diversité biologique.
<https://www.isric.org/sites/default/files/cop-12-inf-18-en.pdf>
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). *Hydrologie appliquée*. McGraw-Hill.
- Cisneros, J., Cholaky, C., Cantero Gutiérrez, A., Gonzáles, J., Reynero, M., Diez, A., & Bergesio, L. (2012). *L'érosion hydrique : principes et techniques de gestion* (1ère éd.). UniRío.
- Costache, R., Bao Pham, Q., Corodescu-Roșca, E., Cîmpianu, C., Hong, H., Thi Thuy Linh, N., Ming Fai, C., Najah Ahmed, A., Vojtek, M., Muhammed Pandhiani, S., Minea, G., Ciobotaru, N.,

- Cristian Popa, M., Diaconu, D. C., & Thai Pham, B. (2020). Utilisation du SIG, de la télédétection et de l'apprentissage automatique pour mettre en évidence la corrélation entre les changements d'utilisation des terres et de couverture terrestre et le potentiel de crue éclair. *Remote Sensing*, 12(9), 1422. <https://doi.org/10.3390/rs12091422>
- Durigon, V. L., Carvalho, D. F., Antunes, M. A. H., Oliveira, P. T. S., & Fernandes, M. M. (2014). Série temporelle NDVI pour le suivi du facteur de gestion de la couverture RUSLE dans un bassin versant tropical. *International Journal of Remote Sensing*, 35(2), 441-453. <https://doi.org/10.1080/01431161.2013.871081>
- Espinosa, J., Moreno, J., & Bernal, G. (Eds.) (2018). *Les sols de l'Équateur*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-25319-0>
- FAO, & GTIS (2015). *État des ressources en sols du monde : résumé technique*. Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.
- GAD Municipal de Balzar (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Balzar*. http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0960000300001_DIAGNOSTICO%20PDOT%20BALZAR_15-01-2015_17-14-31.pdf
- GAD Municipal de Colimes (2014). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Colimes 2014-2019*. <https://multimedia.planificacion.gob.ec/PDOT/descargas.html>
- GAD Municipal de Olmedo (2019). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial cantón Olmedo 2019-2023*. <https://olmedo.gob.ec/index.php/transparencia/category/1507-plan-de-desarrollo-y-ordenamiento-territorial-2019-2023>
- Gutiérrez, C. (2020). *Estudio de erosión hídrica para la priorización de una microcuenca de la subcuenca del río Daule, responsable de la turbiedad del agua cruda captada para Guayaquil* (p. 70) [Rapport technique]. Service International de l'Eau - INTERAGUA.
- IGM (2013). *Base continue à l'échelle 1:50000, format de forme* [Carte]. Institut géographique militaire. <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/cartografia-de-libre-acceso-escala-50k/>

- MAG, & SIGAGRO. (2003). *Susceptibilité à l'érosion* [Carte]. <https://sni.gob.ec/coberturas>
- MAGAP. (2002). *Couverture et utilisation des sols* [Carte]. <https://sni.gob.ec/coberturas>
- MAGAP. (2015). *Zones sensibles aux inondations* [Carte].
<https://informacion.gestionderiesgos.gob.ec:8443/centrodedescarga/contenidos/>
- Monsalve Sáenz, G. (1999). *Hidrología en la ingeniería* (Second). École colombienne d'ingénieurs.
- Ochoa-Cueva, P., Fries, A., Montesinos, P., Rodríguez-Díaz, J. A., & Boll, J. (2015). Estimation spatiale du risque d'érosion des sols par le changement de couverture des terres dans les Andes du sud de l'Équateur. *Land Degradation & Development*, 26(6), 565-573.
<https://doi.org/10.1002/ldr.2219>
- Pacheco, H. A., Méndez, W., & Moro, A. (2019). Zonage du risque d'érosion des sols dans la région côtière équatorienne à l'aide d'outils géotechniques. *Earth Sciences Research Journal*, 23(4), 293-302. <https://doi.org/10.15446/esrj.v23n4.71706>
- Renard, K., Foster, G., Weesies, G., McCool, D., & Yoder, D. (Eds.) (1997). *Prévision de l'érosion du sol par l'eau : guide de planification de la conservation avec l'équation universelle révisée de perte de sol (RUSLE)*. https://www.ars.usda.gov/arsuserfiles/64080530/rusle/ah_703.pdf
- Rocha Felices, A. (1998). *Introduction à l'hydraulique fluviale*. Université nationale d'ingénierie.
- Rodríguez, J. G., & Suárez, M. G. (2008). Détermination du facteur topographique LS dans les modèles RUSLE et RUSLE3D à l'aide du sextant GIS. *Cahiers du CURIHAM*, 14, 67-74.
- Vélez, M. (2000). *Hydrologie pour les ingénieurs*. Facultad de Minas Universidad Nacional de Colombia. https://www.researchgate.net/profile/Velez-Maria/publication/338778972_HIDROLOGIA_PARA_INGENIEROS/links/5e2a13964585150ee77dede5/HIDROLOGIA-PARA-INGENIEROS.pdf
- Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). *Prévision des pertes dues à l'érosion pluviale : un guide pour l'agriculture de conservation*. U.S. Dept. Of Agric.

10 Annexes

Annexe 1 Formules utilisées pour le calcul de l'érosion

Facteur d'érosivité (R)

Pour obtenir le facteur R, l'indice de Fournier modifié par Arnoldus a été appliqué comme suit :

$$IMF = \sum_{i=1}^{12} \frac{P_i^2}{P}$$

Où :

- MFI= indice de Fournier modifié en mm
- P_i = précipitations du mois i le plus pluvieux en mm
- P = précipitations annuelles totales en mm

Le facteur R est obtenu par la formule suivante.

$$R = \sum IMF$$

Où :

- R= facteur d'érosivité en MJ mm h⁻¹ ha⁻¹ année⁻¹
- MFI= Indice de Fournier modifié en mm

Facteur d'érodabilité (K)

La formule de Williams a été utilisée pour déterminer le facteur K. (Arnold et al., 2012) a été utilisée pour déterminer le facteur K :

$$K_{usle} = f_{csand} \times f_{cl-si} \times f_{orgc} \times f_{hisand}$$

$$K_{Rusle} = K \text{ factor} = K_{usle} \times 0.1317$$

Où :

- f_{csand} : est un coefficient qui abaisse l'indicateur K pour les sols à forte teneur en sable grossier et l'augmente pour les sols à faible teneur en sable.
- f_{cl-si} : donne des facteurs d'érodabilité faibles pour les sols ayant un rapport argile/silt élevé.
- f_{hisand} : réduit les valeurs K pour les sols ayant une teneur en sable extrêmement élevée
- f_{orgc} : réduit les valeurs de K dans les sols à forte teneur en carbone organique.

Chaque facteur a été calculé à l'aide des formules suivantes :

$$f_{csand} = \left(0.2 + 0.3 \cdot \exp \left[-0.256 \cdot m_s \cdot \left(1 - \frac{m_{silt}}{100} \right) \right] \right)$$

$$f_{cl-si} = \left(\frac{m_{silt}}{m_c + m_{silt}} \right)^{0.3}$$

$$f_{orgc} = \left(1 - \frac{0.0256 \cdot orgC}{orgC + \exp[3.72 - 2.95 \cdot orgC]} \right)$$

$$f_{hisand} = \left(1 - \frac{0.7 \cdot \left(1 - \frac{m_s}{100} \right)}{\left(1 - \frac{m_s}{100} \right) + \exp \left[-5.51 + 22.9 \cdot \left(1 - \frac{m_s}{100} \right) \right]} \right)$$

Où :

m_s : % de la teneur en sable (diamètre des particules 0,05-2,00 mm)

m_{silt} : % de teneur en limon (diamètre des particules 0,002-0,05 mm)

m_c : % de teneur en argile (<0,002 mm de diamètre de particule)

$orgC$: % de la teneur en carbone organique.

Avec les formules, les coefficients, le facteur K_{USLE} et la valeur K finale seront calculés pour chaque type de sol dans le micro-bassin versant.

Longueur de la pente et facteur de déclivité (LS)

Le facteur LS est le produit des sous-facteurs longueur (L) et pente (S) du terrain.

Sous-facteur L

Nous avons utilisé les expressions algébriques de Foster et al. (Renard et al., 1997; Rodríguez & Suárez, 2008).

$$m = \frac{\beta}{1 + \beta}$$

Où :

m = est défini comme une fonction continue qui augmente avec l'angle de la pente.

$$\beta = \frac{\sin\theta / 0.0896}{3(\sin\theta)^{0.8} + 0.56}$$

Où :

θ angle de pente

β = est le rapport entre l'érosion intra-sillon et l'érosion inter-sillon.

Comme ArcMap a été utilisé, la formule suivante a été utilisée :

$$L_{(i,j)} = \frac{[A_{(i,j)} + D^2]^{(m+1)} - A_{(i,j)}^{m+1}}{x^m D^{m+2} (22.13)^m}$$

Où :

$A_{(i,j)}$: est l'unité de surface contributive à l'entrée d'un pixel (cellule),
 D : est la taille du pixel
 x : est le facteur de correction de forme.

Sous-facteur S

Les formules de McCool et al, citées par Renard, ont été appliquées. (Renard et al., 1997).

Quand *le bronzage* $\theta_{(i,j)} < 0,09$ $S_{(i,j)} = 10,8 \sin \theta_{(i,j)} + 0,03$

Quand *le bronzage* $\theta_{(i,j)} \geq 0,09$ $S_{(i,j)} = 16,8 \sin \theta_{(i,j)} - 0,5$

Où :

$S_{(i,j)}$ = Pente du facteur de coordonnées (i, j)
 $\theta_{(i,j)}$ = Pente (degrés) avec les coordonnées (i, j)

Facteur de couverture des terres et de gestion des sols (C)

La formule suivante a été utilisée :

$$NDVI = \left(\frac{NIR - RED}{NIR + RED} \right)$$

Où :

NDVI : indice de différence de végétation normalisé indice de différence de végétation normalisé interannuel global

NIR : est la réflectance spectrale de la surface dans la bande du proche infrarouge.

RED est la réflectance spectrale de la surface dans la bande rouge.

Le NDVI varie de -1 à +1, les valeurs les plus élevées étant attribuées aux zones ayant une couverture végétale plus importante.

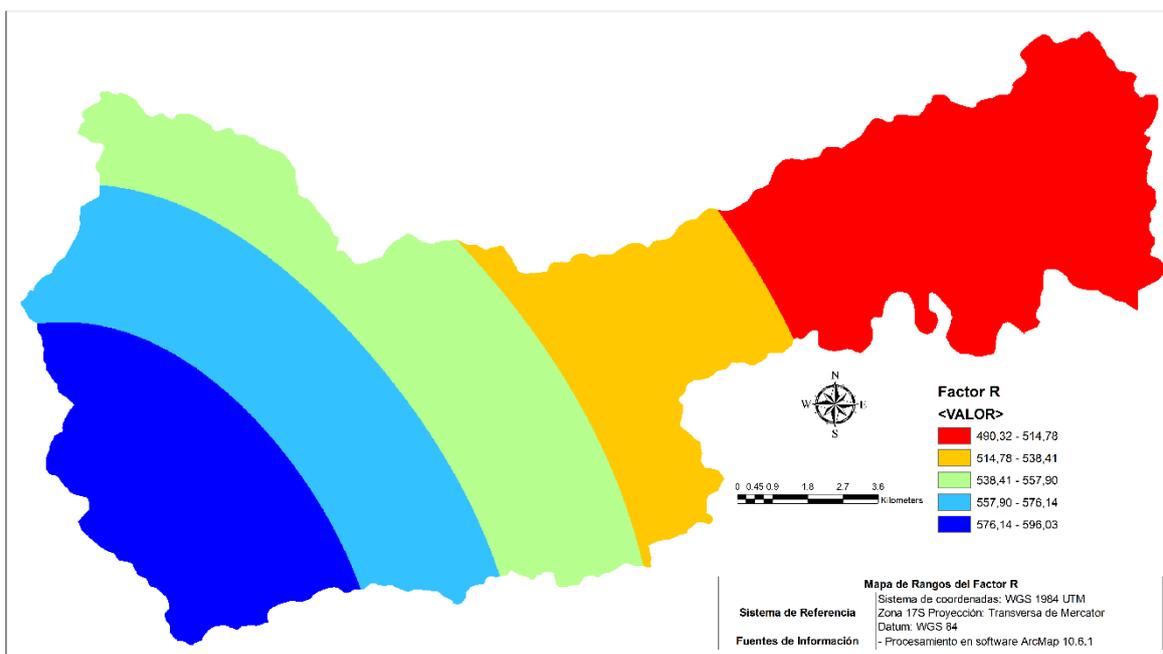
$$C_{rA} = \left(\frac{-NDVI + 1}{2} \right)$$

Où :

C_{rA} = Facteur C

	Station météorologique	Jan	Février	Mer	Avril	Mai	Jun	Juillet	Août	Sep	Oct	Nov	Déc.	Facteur R
1	24 mai (Jaboncillo)	9,1	229,7	96,1	19,8	0,1	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	362,0
	Olmedo Manabí	104,6	270,8	144,8	55,2	16,9	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	2,6	595,0
	Camposano #2	12,7	107,7	231,0	53,6	10,6	1,3	0,1	0,0	0,1	1,4	0,0	1,3	419,9
	Guale	44,2	108,2	100,0	216,4	39,0	0,1	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	511,7
5	Balzar Colimes INAMHI	0,0	227,2	177,8	58,5	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	477,8
	Mocache	71,9	103,7	210,9	107,3	40,1	8,1	1,3	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	543,4
	Fenêtres INAMHI	346,6	335,8	195,1	93,6	38,0	38,5	11,1	0,1	0,0	0,0	0,5	0,6	1060,0
8	Vinces INAMHI	17,4	82,9	66,3	277,0	142,6	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	592,2
	EF1	85,7	261,3	136,0	49,0	13,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	2,0	547,3
	EF2	34,3	189,5	138,5	93,7	33,3	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	491,8
	EF3	69,3	258,3	144,1	52,3	14,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	2,2	540,6

Annexe 3 Classement du facteur R dans le micro-bassin versant

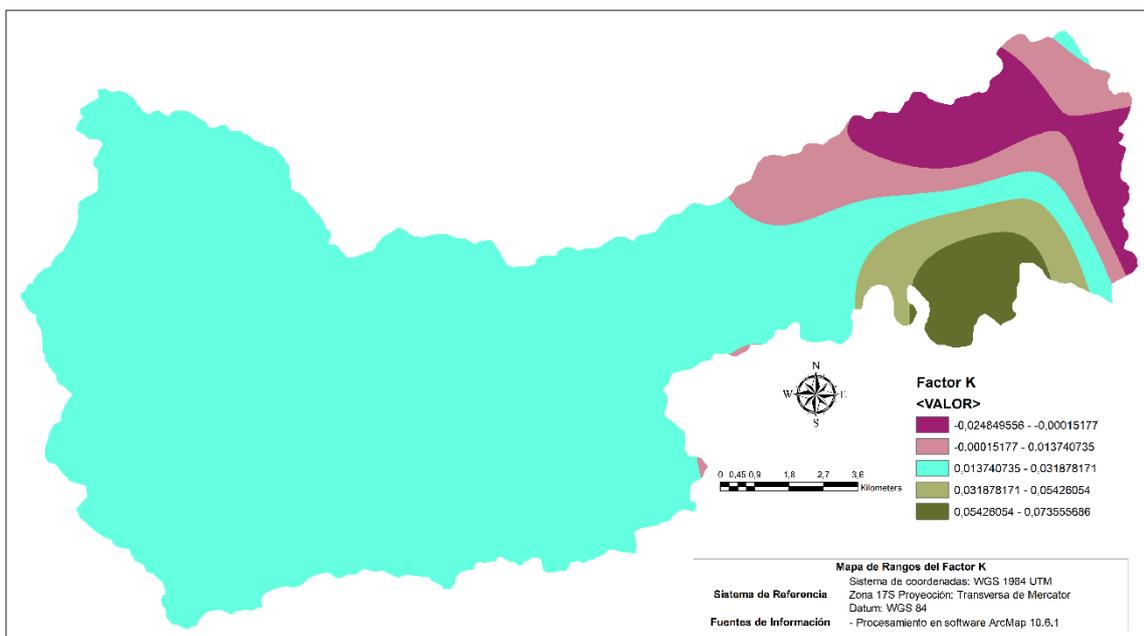


Annexe 4 Facteur K des profils de sol à l'intérieur et à proximité du micro-bassin versant

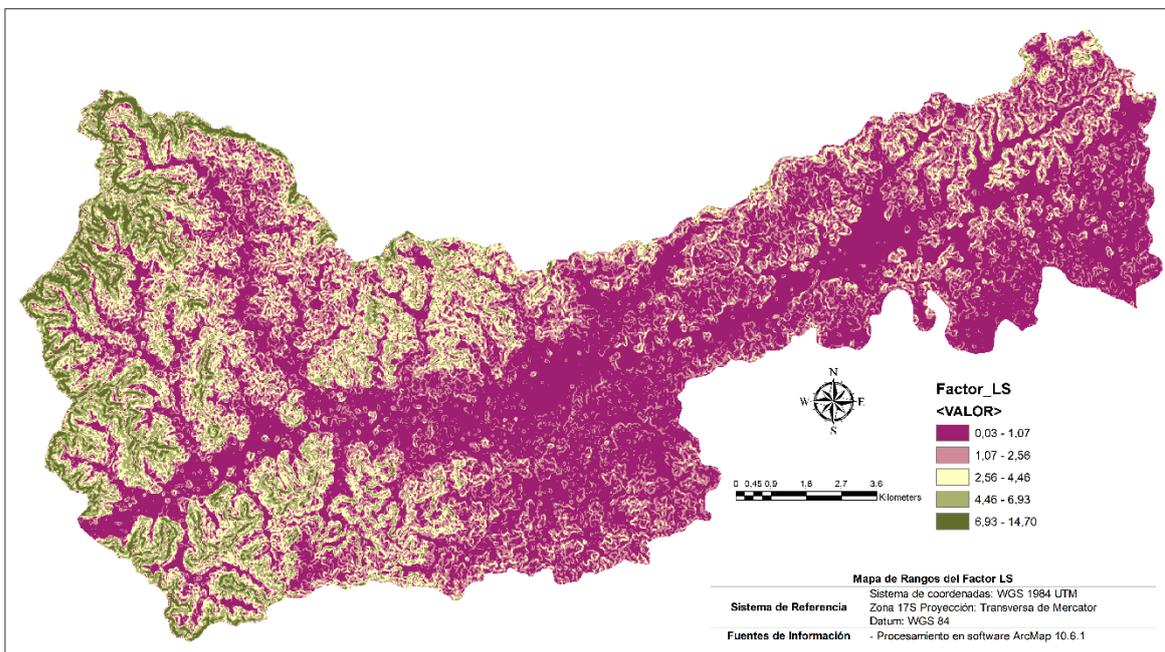
	Code	Fcset	Fcl-si	Forgc	Fhisand	K USLE	Facteur	Facteur K (RUSLE)
1	CG1-P111	0,20	0,88	1,00	1,00	0,18	0,13	0,0231
	CG1-P112	0,22	0,83	1,00	1,00	0,18	0,13	0,0236
	CG1-P113	0,20	0,85	0,99	1,00	0,17	0,13	0,0227
	CG1-P114	0,20	0,92	1,00	1,00	0,18	0,13	0,0242
5	CG1-P115	0,20	0,89	0,99	1,00	0,18	0,13	0,0232

	CG1-P117	0,20	0,83	1,00	1,00	0,17	0,13	0,0224
	CG2-P047	0,20	0,80	0,99	1,00	0,16	0,13	0,0208
8	CG3-P051	0,28	0,87	0,98	1,00	0,24	0,13	0,0312
	CG3-P052	0,21	0,79	1,00	1,00	0,16	0,13	0,0211
	CG3-P057	0,20	0,93	0,99	1,00	0,18	0,13	0,0241
	CG4-P050	0,20	0,76	0,99	1,00	0,15	0,13	0,0202
	CG4-P053	0,20	0,79	0,98	1,00	0,16	0,13	0,0207
	CG4-P054	0,24	0,80	0,99	1,00	0,19	0,13	0,0247
	CG5-P013	0,20	0,86	1,00	1,00	0,17	0,13	0,0227
	CG6-P023	0,20	0,77	0,99	1,00	0,15	0,13	0,0200
	CG6-P024	0,20	0,84	1,00	1,00	0,17	0,13	0,0221
	CG1-P033	0,20	0,77	1,00	1,00	0,15	0,13	0,0203
	CG1-P041	0,20	0,81	0,99	1,00	0,16	0,13	0,0213
	CG1-P105	0,20	0,83	1,00	1,00	0,16	0,13	0,0216
	CG1-P109	0,20	0,83	0,98	1,00	0,16	0,13	0,0216
21	CG2-P052	0,20	0,81	0,99	1,00	0,16	0,13	0,0212
	CG3-P130	0,21	0,85	1,00	1,00	0,18	0,13	0,0236
	CG3-P137	0,20	0,82	0,98	1,00	0,16	0,13	0,0211
	CG5-P015	0,20	0,71	1,00	1,00	0,14	0,13	0,0188
25	CG5-P016	0,21	0,85	1,00	1,00	0,17	0,13	0,0229
26	CG5-P017	0,20	0,79	1,00	1,00	0,16	0,13	0,0208
	CG5-P018	0,20	0,82	1,00	0,99	0,16	0,13	0,0213
	CG5-P022	0,20	0,82	1,00	1,00	0,16	0,13	0,0217
29	CG5-P023	0,20	0,76	0,99	1,00	0,15	0,13	0,0203

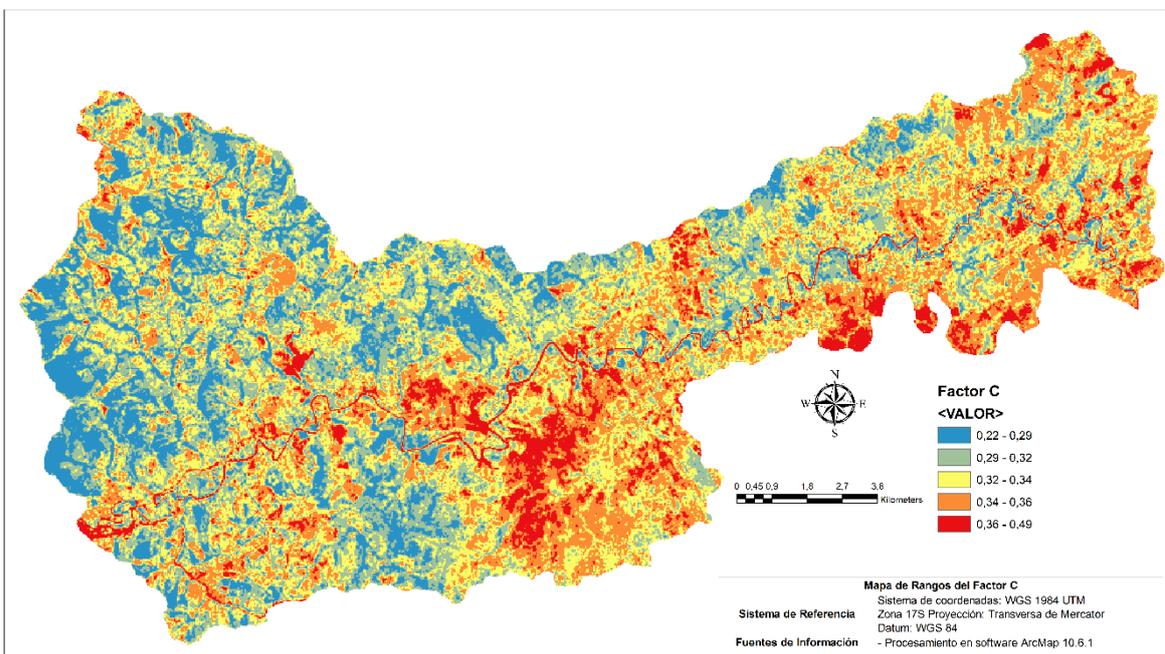
Annexe 5 Gammes de facteurs K dans le micro-bassin



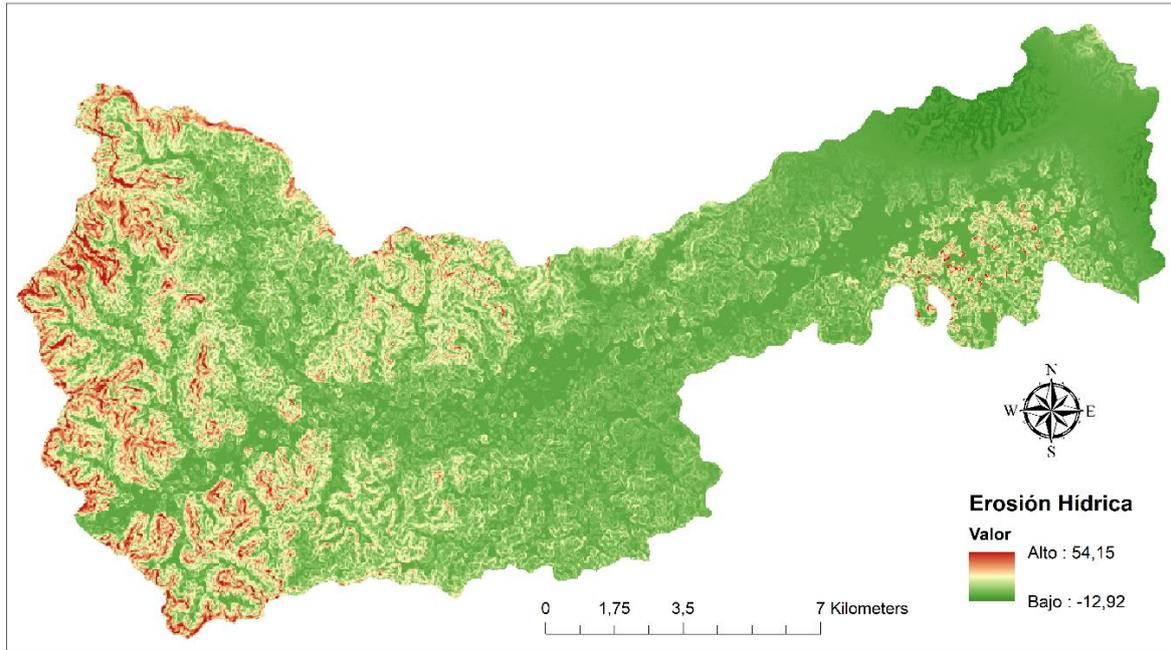
Annexe 6 Gammes de facteurs LS dans le micro-bassin versant



Annexe 7 Classement du facteur C dans le micro-bassin versant



Annexe 8 Plages d'érosion hydrique dans le micro-bassin versant



Annexe 9 Photos de la visite sur le terrain





Annexe 10 Données hydrographiques aux TDR 25, 50 et 100 ans

Date	Temps	Débit total (m3/s)		
		TDR 25 ans	TDR 50 ans	TDR 100 ans
19feb.2022	16:00	0	0	0,0
19feb.2022	16:30	0	0	0,0
19feb.2022	17:00	0	0	0,0
19feb.2022	17:30	0	0	0,0
19feb.2022	18:00	0	0	0,0
19feb.2022	18:30	0	0	0,0
19feb.2022	19:00	0	0	0,0
19feb.2022	19:30	0	0	0,0
19feb.2022	20:00	0	0	0,0
19feb.2022	20:30	0	0	0,0
19feb.2022	21:00	0	0	0,0
19feb.2022	21:30	0	0	0,0
19feb.2022	22:00	4,5	5,2	6,7
19feb.2022	22:30	14,6	16,9	21,7
19feb.2022	23:00	30,7	35,4	45,2
19feb.2022	23:30	50,3	57,9	73,7
20feb.2022	0:00	74,5	85,7	109,1
20feb.2022	0:30	104,9	120,6	153,2
20feb.2022	1:00	142,4	163,5	207,6
20feb.2022	1:30	186,7	214,4	271,8
20feb.2022	2:00	232,4	266,6	337,6
20feb.2022	2:30	273,8	313,9	396,9
20feb.2022	3:00	309	353,9	446,9
20feb.2022	3:30	337,4	386,1	486,9
20feb.2022	4:00	357,8	409	515,1
20feb.2022	4:30	369,9	422,6	531,5
20feb.2022	5:00	378,1	431,7	542,3
20feb.2022	5:30	379,9	433,4	543,8
20feb.2022	6:00	372,9	425	532,7
20feb.2022	6:30	362,3	412,6	516,5
20feb.2022	7:00	349	397,3	496,8
20feb.2022	7:30	332,2	377,9	472,1
20feb.2022	8:00	311,1	353,6	441,2
20feb.2022	8:30	284,8	323,4	403,1
20feb.2022	9:00		290,4	361,4
20feb.2022	9:30	229,1	259,8	322,9
20feb.2022	10:00	206,1	233,6	290,2
20feb.2022	10:30	185,9	210,6	261,5
20feb.2022	11:00	166,8	189	234,6

20feb.2022	11:30	149,4	169,2	210,0
20feb.2022	12:00	133,9	151,7	188,3
20feb.2022	12:30	120,3	136,2	169,1
20feb.2022	13:00	107,9	122,3	151,8
20feb.2022	13:30	96,4	109,2	135,6
20feb.2022	14:00	85,6		120,4
20feb.2022	14:30	75,9	85,9	106,7
20feb.2022	15:00	67,4	76,4	94,8
20feb.2022	15:30	60,2	68,2	84,7
20feb.2022	16:00	53,9	61,1	75,8
20feb.2022	16:30	48,2	54,6	67,8
20feb.2022	17:00		48,7	60,4
20feb.2022	17:30	38,3	43,4	53,8
20feb.2022	18:00	34,1	38,6	47,9
20feb.2022	18:30	30,3	34,3	42,6
20feb.2022	19:00		30,6	37,9
20feb.2022	19:30	24,1	27,3	33,8
20feb.2022	20:00	21,5	24,3	30,2
20feb.2022	20:30	19,2	21,8	27,0
20feb.2022	21:00	17,2	19,4	24,1
20feb.2022	21:30	15,3	17,4	21,5
20feb.2022	22:00	13,7	15,5	19,2
20feb.2022	22:30	12,2	13,8	17,2
20feb.2022	23:00	10,9	12,3	15,3
20feb.2022	23:30	9,7		13,7
21feb.2022	0:00	8,6	9,8	12,2
21feb.2022	0:30	7,7	8,7	10,8
21feb.2022	1:00	6,9	7,8	9,6
21feb.2022	1:30	6,1		8,6
21feb.2022	2:00	5,5	6,2	7,7
21feb.2022	2:30	4,9	5,6	7,0
21feb.2022	3:00	4,4	5	6,2
21feb.2022	3:30		4,5	5,6
21feb.2022	4:00	3,6	4,1	5,0
21feb.2022	4:30	3,2	3,6	4,5
21feb.2022	5:00	2,9	3,3	4,0
21feb.2022	5:30	2,5	2,9	3,6
21feb.2022	6:00	2,2	2,5	3,1
21feb.2022	6:30	1,9	2,2	2,7
21feb.2022	7:00	1,6	1,9	2,3
21feb.2022	7:30	1,3	1,5	1,9
21feb.2022	8:00	1,1	1,2	1,5
21feb.2022	8:30	0,8	0,9	1,1

21feb.2022	9:00	0,5	0,5	0,6
21feb.2022	9:30	0,3	0,4	0,4
21feb.2022	10:00	0,2	0,3	0,3
21feb.2022	10:30	0,2	0,2	0,2
21feb.2022	11:00	0,1	0,2	0,2
21feb.2022	11:30	0,1	0,1	0,1
21feb.2022	12:00	0,1	0,1	0,1
21feb.2041	12:30	0	0,1	0,1