

Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin
versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse
spatiale et segmentation de l'espace

Annexes au rapport de stage

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Liste des annexes

- Annexe 1 : Contexte géographique du bassin versant de l'Arc en Maurienne
- Annexe 1bis : Cours d'eau du bassin versant de l'Arc
- Annexe 2 : Géologie structurale du bassin de l'Arc en Maurienne
- Annexe 3 : Métamorphisme des roches du bassin de l'Arc en Maurienne
- Annexe 4 : Tableau de synthèse des données disponibles
- Annexe 5 : Tableau de détails des champs de la base de métadonnées
- Annexe 6 : Structuration des données disponibles
- Annexe 7 : Tableau récapitulatif des différents modèles hydrologiques étudiés
- Annexe 8 : Arbre de pondération des critères pris en compte pour l'analyse spatiale
- Annexe 9 : Pentés du bassin versant de l'Arc (calculée à partir du MNT rééchantillonné à 20 m)
- Annexe 10 : Sensibilité à l'érosion du bassin versant de l'Arc en fonction des valeurs de pentes
- Annexe 11 : Convexités et concavités dans le plan vertical des versants du bassin de l'Arc
- Annexe 12 : Sensibilité à l'érosion du bassin de l'Arc en fonction des formes des versants dans le plan vertical
- Annexe 13 : Carte géologique du bassin versant de l'Arc
- Annexe 14 : Formations superficielles susceptibles de témoigner de la présence d'un pergélisol
- Annexe 15 : Références bibliographiques : Classification des lithologies et formations superficielles selon leur sensibilité à l'érosion
- Annexe 16 : Arbre de décision pour la modification du degré de sensibilité des lithologies en fonction de l'ensemble structural auquel elles appartiennent, et de l'importance du métamorphisme qu'elles ont subi, et classification finalement adoptée pour l'analyse spatiale
- Annexe 17 : Sensibilité à l'érosion du bassin de l'Arc, en fonction de la lithologie, de la géologie structurale et du degré de métamorphisme
- Annexe 18 : Occupation du sol du bassin versant de l'Arc
- Annexe 19 : Sensibilité à l'érosion du bassin de l'Arc, en fonction des types d'occupation du sol
- Annexe 20 : Tableau récapitulatif des changements d'occupation du sol entre 1990 et 2006
- Annexe 21 : Comparaison des cartographies de glaciers issues des orthophotographies et des images satellites
- Annexe 22 : Tableaux : Cumuls annuels moyennés sur l'ensemble du bassin versant de l'Arc (bd Gottardi et bd SAFRAN)
- Annexe 23 : Histogramme : Cumuls annuels moyennés sur l'ensemble du bassin versant de l'Arc (bd Gottardi et bd SAFRAN)
- Annexe 24 : Segmentation du bassin versant de l'Arc en fonction du forçage hydro-climatique
- Annexe 25 : Comparaison de la localisation des classes les plus favorables à l'érosion de chaque critère
- Annexe 26 : Arbres de pondération des tests 1 à 4
- Annexe 27 : Cartographie du résultat du test 1
- Annexe 28 : Cartographie du résultat du test 2
- Annexe 29 : Cartographie du résultat du test 3
- Annexe 30 : Cartographie du résultat du test 4
- Annexe 31 : Densité de drainage des sous bassins élémentaires
- Annexe 32 : Comparaison de la localisation des ravines, extraites par les seuillages du MNT (IGN) et du NDVI (LANDSAT)
- Annexe 33 : Comparaison de la localisation des ravines, extraites par seuillage des pentes et classification automatique des orthophotographies (IGN)
- Annexe 34 : Cartographies de l'érodabilité du bassin versant de l'Arc réalisées par Marnézy (1999) et Latulippe (1995)
- Annexe 35 : Sensibilité à l'érosion du bassin versant de l'Arc, reclassement des valeurs pour la représentation du fonctionnement hydro-sédimentaire
- Annexe 36 : Comparaison des réseaux hydrographiques calculés dans les logiciels ArcGIS, SAGA et Taudem, par seuillage de la surface drainée
- Annexe 37 : Comparaison du réseau hydrographique de la BD Carthage avant et après correction
- Annexe 38 : Comparaison des découpages réalisés dans ArcGIS, SAGA, HydroDEM et Taudem
- Annexe 39 : Sous bassins des affluents directs de l'Arc
- Annexe 40 : Sous bassins élémentaires du bassin de l'Arc
- Annexe 41 : Aménagements hydro-électriques du bassin versant de l'Arc
- Annexe 42 : Connexion des sous bassins élémentaires du bassin versant de l'Arc

Annexe 43 : Sensibilité à l'érosion des sous bassins élémentaires connectés et semi-connectés

Annexe 44 : Sensibilité à l'érosion des sous bassins connectés et semi-connectés des affluents directs de l'Arc

Annexe 45 : Exemple de sélection de sous bassins en fonction de la localisation des stations de mesure opérationnelles et planifiées

Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse spatiale et segmentation de l'espace

Annexe 1

Contexte géographique du bassin versant de l'Arc en Maurienne

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse spatiale et segmentation de l'espace

Annexe 1bis

Cours d'eau du bassin versant de l'Arc

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse spatiale et segmentation de l'espace

Annexe 2

Géologie structurale du bassin de l'Arc en Maurienne

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse spatiale et segmentation de l'espace

Annexe 3

Métamorphisme des roches du bassin de l'Arc en Maurienne

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin
versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse
spatiale et segmentation de l'espace

Annexe 4

Tableau de synthèse des données disponibles

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse spatiale et segmentation de l'espace

Annexe 5

Tableau de détails des champs de la base de métadonnées

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse spatiale et segmentation de l'espace

Annexe 6

Structuration des données disponibles

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse spatiale et segmentation de l'espace

Annexe 7

Tableau récapitulatif des différents modèles hydrologiques étudiés

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin
versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse
spatiale et segmentation de l'espace

Annexe 8

Arbre de pondération des critères pris en compte pour l'analyse spatiale

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse spatiale et segmentation de l'espace

Annexe 9

Pentes du bassin versant de l'Arc (calculée à partir du MNT rééchantillonné à 20 m)

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse spatiale et segmentation de l'espace

Annexe 10

Sensibilité à l'érosion du bassin versant de l'Arc en fonction des valeurs de pentes

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse spatiale et segmentation de l'espace

Annexe 11

Convexités et concavités

dans le plan vertical des versants du bassin de l'Arc

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse spatiale et segmentation de l'espace

Annexe 12

Sensibilité à l'érosion du bassin de l'Arc en fonction des formes des versants dans le plan vertical

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse spatiale et segmentation de l'espace

Annexe 13

Carte géologique du bassin versant de l'Arc

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse spatiale et segmentation de l'espace

Annexe 14

Formations superficielles susceptibles de témoigner de la présence d'un pergélisol

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse spatiale et segmentation de l'espace

Annexe 15

Références bibliographiques :

Classification des lithologies et formations superficielles selon leur sensibilité à l'érosion

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse spatiale et segmentation de l'espace

Annexe 16

Arbre de décision pour la modification du degré de sensibilité des lithologies en fonction de l'ensemble structural auquel elles appartiennent, et de l'importance du métamorphisme qu'elles ont subi, et classification finalement adoptée pour l'analyse spatiale

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse spatiale et segmentation de l'espace

Annexe 17

Sensibilité à l'érosion du bassin de l'Arc, en fonction de la lithologie, de la géologie structurale et du degré de métamorphisme

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse spatiale et segmentation de l'espace

Annexe 18

Occupation du sol du bassin versant de l'Arc

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse spatiale et segmentation de l'espace

Annexe 19

Sensibilité à l'érosion du bassin de l'Arc, en fonction des types d'occupation du sol

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse spatiale et segmentation de l'espace

Annexe 20

Tableau récapitulatif des changements d'occupation du sol entre 1990 et 2006

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin
versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse
spatiale et segmentation de l'espace

Annexe 21

Comparaison des cartographies de glaciers issues des orthophotographies et des images satellites

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse spatiale et segmentation de l'espace

Annexe 22

Tableaux : Cumuls annuels moyennés sur l'ensemble du bassin versant de l'Arc (bd Gottardi et bd SAFRAN)

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse spatiale et segmentation de l'espace

Annexe 23

Histogramme : Cumuls annuels moyennés sur l'ensemble du bassin versant de l'Arc (bd Gottardi et bd SAFRAN)

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse spatiale et segmentation de l'espace

Annexe 24

Segmentation du bassin versant de l'Arc en fonction du forçage hydro-climatique

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse spatiale et segmentation de l'espace

Annexe 25

Comparaison de la localisation des classes les plus favorables à l'érosion de chaque critère

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse spatiale et segmentation de l'espace

Annexe 26

Arbres de pondération des tests 1 à 4

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse spatiale et segmentation de l'espace

Annexe 27

Cartographie du résultat du test 1

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin
versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse
spatiale et segmentation de l'espace

Annexe 28

Cartographie du résultat du test 2

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin
versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse
spatiale et segmentation de l'espace

Annexe 29

Cartographie du résultat du test 3

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin
versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse
spatiale et segmentation de l'espace

Annexe 30

Cartographie du résultat du test 4

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse spatiale et segmentation de l'espace

Annexe 31

Densité de drainage des sous bassins élémentaires

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse spatiale et segmentation de l'espace

Annexe 32

Comparaison de la localisation des ravines, extraites par les seuillages du MNT (IGN) et du NDVI (LANDSAT)

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse spatiale et segmentation de l'espace

Annexe 33

Comparaison de la localisation des ravines, extraites par seuillage des pentes et classification automatique des orthophotographies (IGN)

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse spatiale et segmentation de l'espace

Annexe 34

Cartographies de l'érodabilité du bassin versant de l'Arc réalisées par Marnézy (1999) et Latulippe (1995)

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse spatiale et segmentation de l'espace

Annexe 35

Sensibilité à l'érosion du bassin versant de l'Arc, reclassement des valeurs pour la représentation du fonctionnement hydro-sédimentaire

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse spatiale et segmentation de l'espace

Annexe 36

Comparaison des réseaux hydrographiques calculés dans les logiciels ArcGIS, SAGA et Taudem, par seuillage de la surface drainée

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse spatiale et segmentation de l'espace

Annexe 37

Comparaison du réseau hydrographique de la BD Carthage avant et après correction

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse spatiale et segmentation de l'espace

Annexe 38

Comparaison des découpages réalisés dans ArcGIS, SAGA, HydroDEM et Taudem

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse spatiale et segmentation de l'espace

Annexe 39

Sous bassins des affluents directs de l'Arc

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin
versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse
spatiale et segmentation de l'espace

Annexe 40

Sous bassins élémentaires du bassin de l'Arc

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse spatiale et segmentation de l'espace

Annexe 41

Aménagements hydro-électriques du bassin versant de l'Arc

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse spatiale et segmentation de l'espace

Annexe 42

Connexion des sous bassins élémentaires du bassin versant de l'Arc

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse spatiale et segmentation de l'espace

Annexe 43

Sensibilité à l'érosion des sous bassins élémentaires connectés et semi-connectés

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse spatiale et segmentation de l'espace

Annexe 44

Sensibilité à l'érosion des sous bassins connectés et semi-connectés des affluents directs de l'Arc

Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Annexes au rapport de stage
Master 2 SIG et Gestion de l'Espace
Université Jean Monnet - ENISE – Saint Etienne



Caractérisation du fonctionnement hydro - sédimentaire du bassin versant de l'Arc en Maurienne
Mise en place d'un Système d'Information Géographique, analyse spatiale et segmentation de l'espace

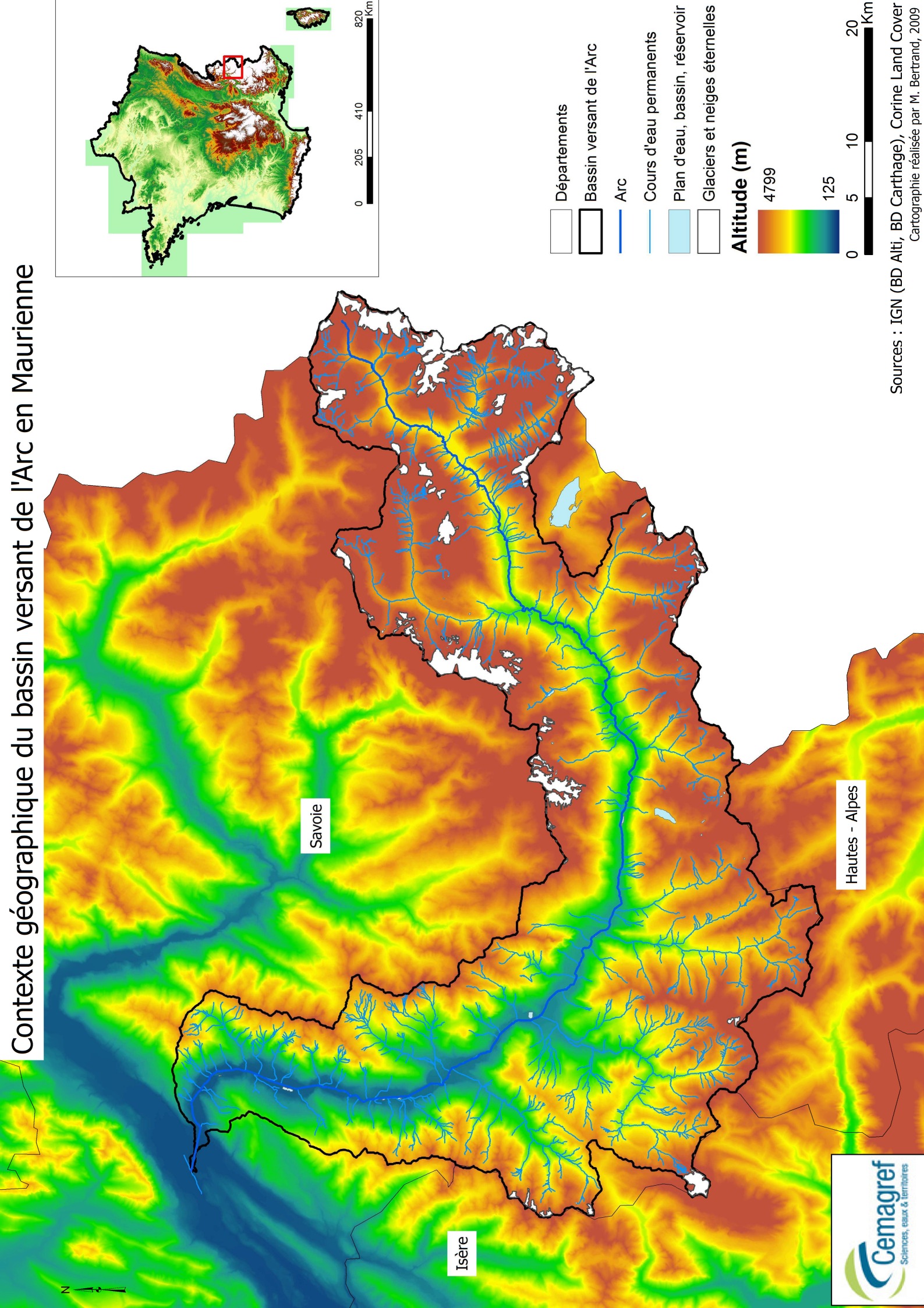
Annexe 45

Exemple de sélection de sous bassins en fonction de la localisation des stations de mesure opérationnelles et planifiées

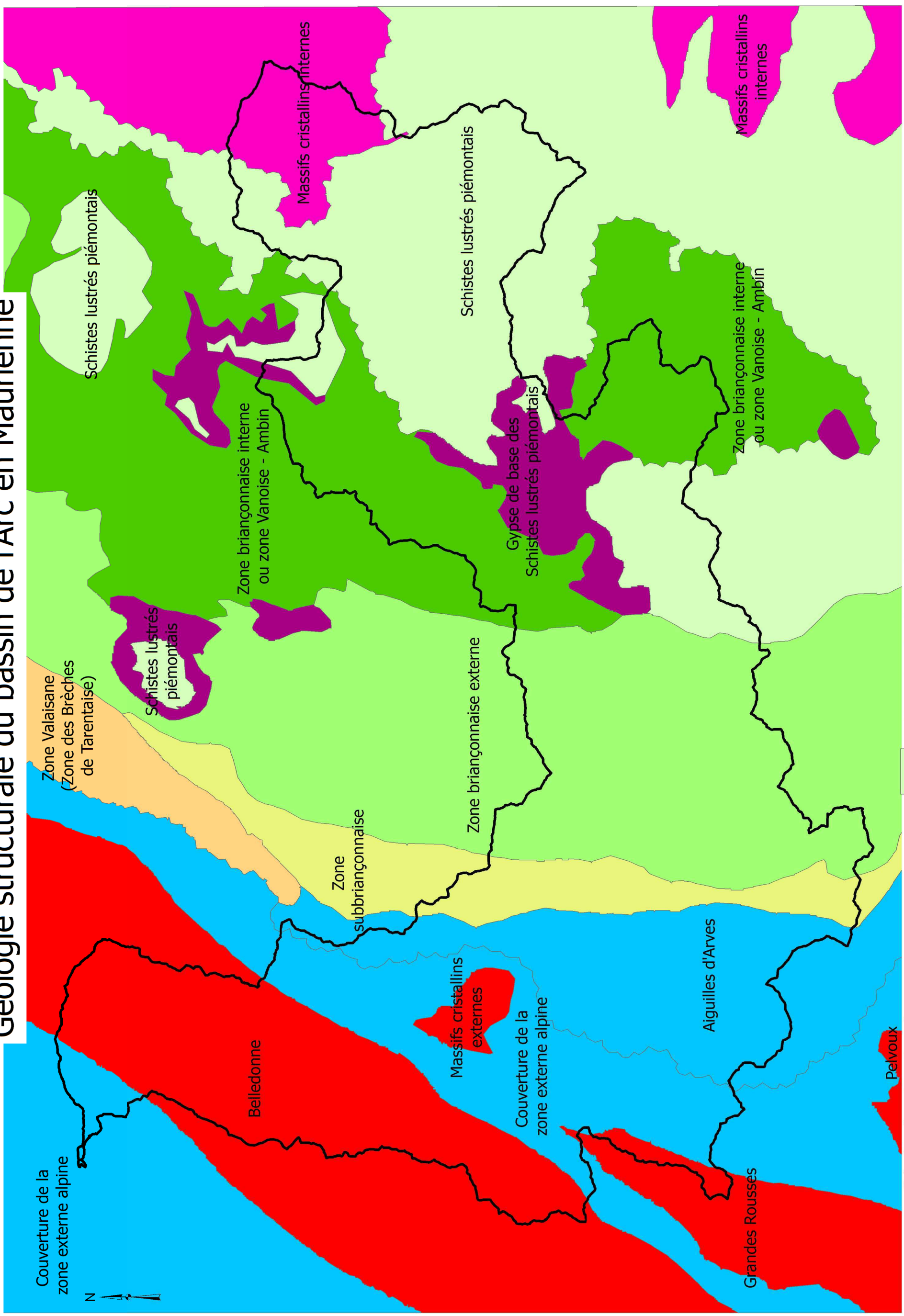
Mélanie Bertrand
∞ Mars – Août 2009 ∞



Contexte géographique du bassin versant de l'Arc en Maurienne

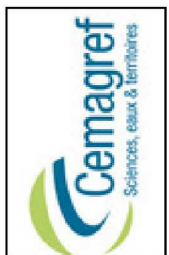


Géologie structurale du bassin de l'Arc en Maurienne



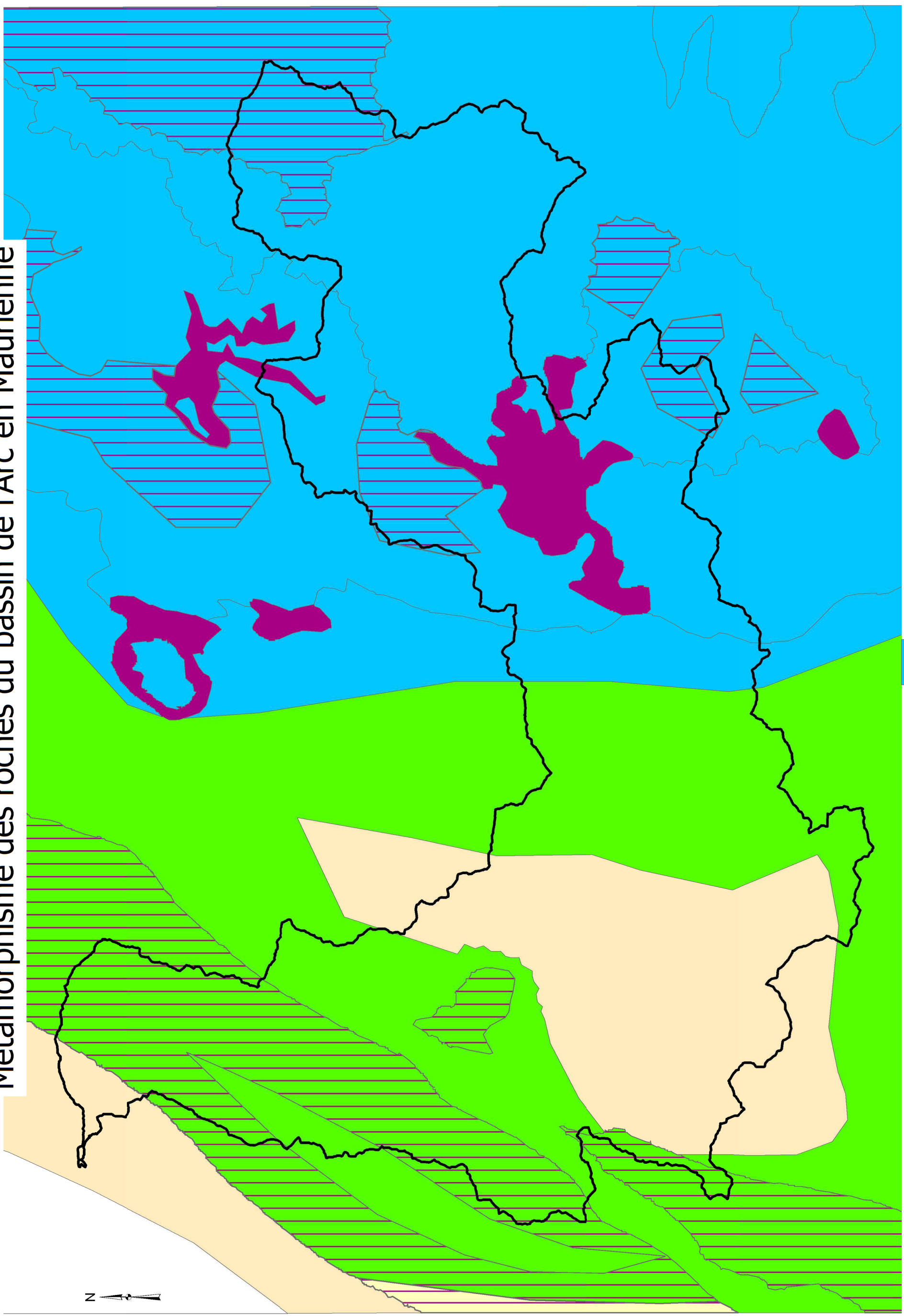
Géologie structurale

- Couverture de la zone externe alpine
- Gypse de base des Schistes lustrés piémontais
- Massifs cristallins externes
- Massifs cristallins internes
- Schistes lustrés piémontais
- Zone Valaisane (Zone des Brèches de Tarentaise)
- Zone briannonnaise externe
- Zone briannonnaise interne ou zone Vanoise - Ambin
- Zone subbriannonnaise



Source : Carte géologique d'Annecy, 1/250000, BRGM
Cartographie réalisée par M. Bertrand, 2009

Métamorphisme des roches du bassin de l'Arc en Maurienne



Métamorphisme

- Anchi-métamorphisme
- Anchi-métamorphisme, métamorphisme anté-alpin indifférencié
- Faciès schistes verts
- Faciès schistes verts, métamorphisme anté-alpin indifférencié

Faciès schistes verts, reprenant un faciès de haute pression

- Faciès schistes verts, reprenant un faciès de haute pression, Métamorphisme ante-alpin indifférencié
- Gypses
- Zones non métamorphiques



Source : Carte géologique d'Annecy, 1/250000, BRGM
Cartographie réalisée par M. Bertrand, 2009



Annexe 4 : Tableau de synthèse des données disponibles

Données	Dispo	Description	Contacts	Nature Licence	Propriétaire Licence, autorisation	Organismes autorisés à utiliser la donnée	Propriétaire Données
Cartographie des ouvrages, prises d'eau et galeries	Oui	Prises d'eau, barrage, bassins de compensation et restitutions; canaux et galeries (BD Carthage) et leurs caractéristiques	DIREN Rhône-Alpes, IGN	Gratuit	Cemagref	Tous	DIREN Rhône-Alpes, IGN
Stations de mesure débit	Oui	Position des différentes stations hydro. sur le bv de l'Arc	Cemagref - HHLY	Gratuit	Cemagref	Tous	DIREN Rhône-Alpes
Stations de mesure MES	Oui	Position des différentes stations MES existantes et planifiées sur l'Arc et ses affluents	Cemagref - HHLY	Gratuit	Cemagref	Cemagref	Cemagref
Régime hydrologique	Oui	Les différents régimes hydrologiques du bassin versant	Cemagref - HHLY	Gratuit	Cemagref	Tous	DIREN Rhône-Alpes
Chroniques Débit	Oui	Chroniques des débits pour les stations disponibles	EDF, Cemagref, DIREN	Contrat/convention	Cemagref	Cemagref	EDF-DTG / Cemagref / DIREN
Chroniques MES	Oui	Mesure des MES	Cemagref - HHLY	Contrat/convention	Cemagref	Cemagref	Cemagref
Chroniques Pluie (SAFRAN)	Oui	Pluies modélisées au pdt journalier sur grille de 8 km ² période 1970 - 2006	Météo France	Contrat/convention	Cemagref	Cemagref	Météo France
Chroniques Pluie (F. Gottardi)	Oui	Pluies modélisées au pdt journalier sur grille de 1 km ² période 1953 - 2005, réestimation des données de la BD SAFRAN	F. Gottardi (EDF)	Contrat/convention	Cemagref	Cemagref	F. Gottardi (EDF)
BD_Carthage_Arc	Oui	Tronçons hydrographiques, surfaces en eau, nœuds hydrographiques et points d'eau isolés	Cemagref - HHLY	Gratuit	Ministère chargé de l'Environnement	Tous	SANDRE / Ministère chargé de l'Environnement
BD_Carthage corrigée	Oui	Réseau hydrographique corrigé topologiquement, les noms des cours d'eau principaux ont été ajoutés	Cemagref - HHLY	Gratuit	Cemagref	Cemagref	Cemagref
Découpage hydrographique	Oui	Découpage hydrographique correspondant au bassin versant de l'Arc (bassin, région, secteur, sous-secteur, zone)	Cemagref - HHLY	Gratuit	Ministère chargé de l'Environnement	Tous	SANDRE / Ministère chargé de l'Environnement
Enneigement	Oui	Températures desquelles on peut déterminer les précipitations solides	F. Gottardi (EDF) et Météo France	Contrat/convention	Cemagref	Cemagref	F. Gottardi (EDF) et Météo France
Evapotranspiration	Non						
Données RTM	Non	Cartographies pour le renouvellement de peuplements de protection (RPP), certaines Forêts Domaniales RTM	RTM Chambéry : chef de service : Bruno Laily 04.79.69.96.06 <bruno.laily@onf.fr>; responsable Maurienne : Remy Martin 04.79.69.96.03 <remy.martin-02@onf.fr>				
Géologie 1/1000000	Oui	Carte des lithologies simplifiées, digitalisée 1/1000000	Cemagref - HHLY	Contrat/convention	Cemagref	Cemagref	BRGM
Sensibilité des lithologies 1/1000000	Oui	Carte des lithologies simplifiées, digitalisée 1/1000000, enrichie par la sensibilité à l'érosion	A. Chandesris, Cemagref, BELY	Contrat/convention	Cemagref	Cemagref	A. Chandesris, Cemagref, BELY
Géologie 1/250000	Oui	Carte des lithologies digitalisée 1/250000	Cemagref - HHLY	Gratuit	Cemagref	Cemagref	Cemagref
Géologie structurale	Oui	Carte de la géologie structurale 1/250000	Cemagref - HHLY	Gratuit	Cemagref	Cemagref	Cemagref
Métamorphisme	Oui	Carte du métamorphisme 1/250000	Cemagref - HHLY	Gratuit	Cemagref	Cemagref	Cemagref
Sensibilité des lithologies 1/250000	Oui	Sensibilité à l'érosion des lithologies seules, et des ensembles métamorphiques et structuraux du bassin	Cemagref - HHLY	Gratuit	Cemagref	Cemagref	Cemagref
Formations susceptibles de témoigner de l'existence d'un pergélisol	Oui	Formations susceptibles de témoigner de l'existence d'un pergélisol	Cemagref - HHLY	Gratuit	Cemagref	Cemagref	S. Monnier, Université Paris 12
Sensibilité à l'érosion des formations superficielles	Oui	Sensibilité à l'érosion des formations superficielles (présence de pergélisol)	Cemagref - HHLY	Gratuit	Cemagref	Cemagref	Cemagref
Type de sol	Non	Base de données sol Rhône-Alpes	Cemagref - HHLY				
Rugosités de surface	Non						
Modèle Numérique de terrain	Oui	BD Alti	IGN	Licence	Licence individuelle et limitée au stage	Cemagref	IGN
Pentes des versants	Oui	Pentes issues d'un calcul à partir du MNT	Cemagref - HHLY	Gratuit	Cemagref	Cemagref	Cemagref
Sensibilité à l'érosion en fonction des valeurs de pente	Oui	Sensibilité à l'érosion en fonction des valeurs de pente	Cemagref - HHLY	Gratuit	Cemagref	Cemagref	Cemagref

Orientations des versants	Oui	Orientations issues d'un calcul à partir du MNT	Cemagref - HHLY	Gratuit	Cemagref	Cemagref	Cemagref
Convexité et concavité des versants	Oui	Calculées à partir du MNT	Cemagref - HHLY	Gratuit	Cemagref	Cemagref	Cemagref
Sensibilité à l'érosion en fonction des formes des versants	Oui	Sensibilité à l'érosion en fonction des convexités et concavités des versants	Cemagref - HHLY	Gratuit	Cemagref	Cemagref	Cemagref
Occupation du sol 1990, 2000 et 2006	Oui	Corine land cover construite au 1/100 000	IFEN	Gratuit	Cemagref	Tous	European Environment Agency (www.eaae.fr)
Sensibilité à l'érosion en fonction du type d'occupation du sol	Oui	Sensibilité à l'érosion en fonction des types d'occupation du sol	Cemagref - HHLY	Gratuit	Cemagref	Cemagref	Cemagref
Changement de type d'occupation du sol 1990 - 2000 et 2000 - 2006	Oui	Basé sur Corine land cover construite au 1/100 000	IFEN	Gratuit	Cemagref	Tous	European Environment Agency (www.eaae.fr)
Sensibilité à l'érosion en fonction des changements de type d'occupation du sol entre 1990 et 2006	Oui	Sensibilité à l'érosion en fonction des changements de types d'occupation du sol	Cemagref - HHLY	Gratuit	Cemagref	Cemagref	Cemagref
Cartographie des glaciers	Oui	Cartographie des glaciers	Cemagref - HHLY	Gratuit	Cemagref	Cemagref	Cemagref
Emprise du bassin versant	Oui	D'après l'analyse hydrologique du MNT	Cemagref - HHLY	Gratuit	Cemagref	Cemagref	Cemagref
Sous bassins des affluents directs de l'Arc	Oui	D'après l'analyse hydrologique du MNT	Cemagref - HHLY	Gratuit	Cemagref	Cemagref	Cemagref
Sous bassins élémentaires	Oui	D'après l'analyse hydrologique du MNT	Cemagref - HHLY	Gratuit	Cemagref	Cemagref	Cemagref
Connexion du flux sédimentaire des sous bassins élémentaires	Oui	D'après l'analyse hydrologique du MNT, et la localisation des ouvrages hydro-électriques	Cemagref - HHLY	Gratuit	Cemagref	Cemagref	Cemagref
Sensibilité à l'érosion du bassin	Oui	D'après l'analyse spatiale (somme pondérée pour laquelle une validation a été obtenue)	Cemagref - HHLY	Gratuit	Cemagref	Cemagref	Cemagref
Densité de drainage des sous bassins élémentaires et des affluents directs, pour réseaux permanent et intermittent	Oui	Calculées à partir des surfaces des sous bassins élémentaires et des affluents directs et le réseau corrigé de la BD Carthage	Cemagref - HHLY	Gratuit	Cemagref	Cemagref	Cemagref
Segmentation tenant compte des caractéristiques de sensibilité à l'érosion et de la connexion des sous bassins	Oui	Segmentation tenant compte des caractéristiques de sensibilité à l'érosion et de la connexion des sous bassins	Cemagref - HHLY	Gratuit	Cemagref	Cemagref	Cemagref
Scan 25 IGN	Oui	Scan 25 dpts 38 et 73	Cemagref - HHLY	Licence	Cemagref	Cemagref	IGN
IMAGES BD Ortho 2006	Oui	Images aériennes,été, résolution 0.5m	IGN	Licence	Cemagref	Cemagref	IGN
Villes principales de France	Oui	Ensemble des villes principales de France	Cemagref - HHLY	Gratuit	Cemagref	Tous	M. Jodeau (Cemagref)
GEOFLA	Oui	Départements et régions de France	IGN	Gratuit	Cemagref	Cemagref	Cemagref
Images Landsat orthorectifiées ETM+	Oui	Images Landsat, du 30/07/01, rectifiées, 9 bandes spectrales	NASA	Gratuit	Cemagref	Tous	NASA
Erodabilité des sous bassins torrentiels de l'Arc	Oui	Erodabilité des sous bassins torrentiels de l'Arc	A. Marnézy	Gratuit	Cemagref	Tous	A. Marnézy
Erodabilité des sous bassins torrentiels de l'Arc	Oui	Erodabilité des sous bassins torrentiels de l'Arc	C. Latulippe	Gratuit	Cemagref	Tous	C. Latulippe

Annexe 5 : Détail des champs de la base de métadonnées

Informations générales sur la métadonnée :

Infos sur la Métadonnée	Identifiant	L'identifiant de la donnée
	Thème	Le thème de la donnée
	Date de création	La date de création de la métadonnée
	Organisme producteur de la métadonnée	L'organisme producteur de la métadonnée
	langage	La langue utilisée pour la métadonnée
	Codage	Encodage des caractères de la métadonnée
	Profil de la norme	Quelle norme, son nom
	Nature de la donnée	La nature de la donnée
	Local	Pays d'origine de la métadonnée

Identification du jeu de données :

Identification du jeu de données	Présentation générale		
	Thème		
	Raison d'être		
	Nom(s) de Fichier(s)		
	Taille de fichier (Mo)		
	Mots clés		
	Date de la dernière mise à jour		
	Type de représentation spatiale		
	Echelle ou résolution du jeu de données		
	Format du jeu de données		
	Date début de validité		
	Date fin de validité		
	Contraintes de l'accès à la donnée		
	Maintenance		
	Extension géographique	Unités de Territoire couvert	
		x min	
		x max	
		y min	
		y max	
	Organisme (s) de production	Nom de l'organisme	
		Adresse	
		Ville	
		Tel	
Fax			
Rôle			

Se référer au thème Contrainte

Références spatiales :

Références spatiales	Nom du système de référence
	Nom de la projection
	Nom de l'ellipsoïde de référence
	Nom du système de coordonnées

Représentation spatiale du jeu de données :

Représentation spatiale du jeu de données	Grilles	Définition	
		Dimension de la grille	
		Nb de lignes	
		Nb de colonnes	
		X lower left	
		Y lower left	
		Taille des cellules	
		Valeur des données manquantes	
	Définition des données vectorielles	Définition	
		Type d'objet vectoriel	
		Niveau topologique	
		Nombre d'occurrences	
		Commentaire	
		Description de l'information	Titre de l'attribut
			Définition
			Titre de l'attribut
			Définition
Titre de l'attribut			
	Définition		
	Commentaire		

Distribution de la donnée :

Distribution de la donnée	Contact(s)	Nom de l'organisme
		Adresse
		Ville
		Tel
		Fax
		Adresse web
		Rôle
		Site web de diffusion
		Support(s) de diffusion
		Format(s) de diffusion
	Format(s) associé(s)	

Information qualité :

Informations Qualité	Méthode d'élaboration
	Précision géographique
	Précision thématique
	Précision temporelle
	Conformité au modèle de données
	La couverture de la zone est-elle complète?
	Nombre d'entités égal au nombre d'entités sur le terrain?
Les objets modélisés ont-ils le même nombre d'attributs?	

Contraintes :

Contraintes	Limites d'utilisation ¹
	Contraintes d'accès ²
	Contraintes d'utilisation
	Autres contraintes
	Contraintes de sécurité ³

Traitement opéré sur les données :

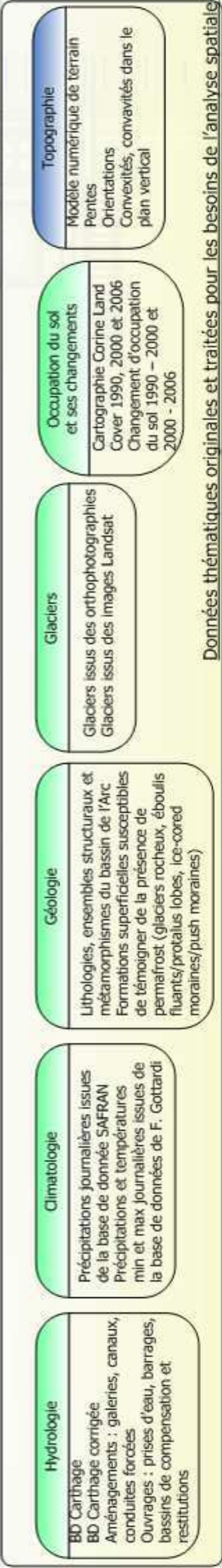
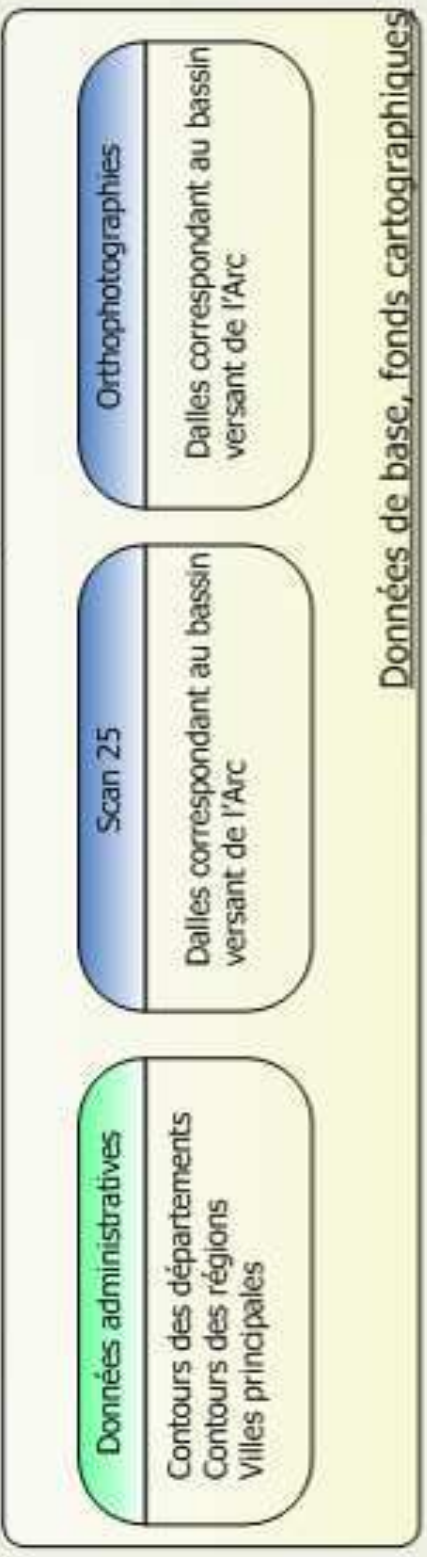
Traitements opérés sur les données	Type de traitement sur la donnée
	Auteur du (des) traitement(s)
	Organisme
	Cadre dans lequel le traitement a été opéré
	Contraintes de sécurité

¹ Limitation affectant l'aptitude pour l'utilisation de la ressource

² Contraintes d'accès appliquées pour assurer la protection de la confidentialité ou de la propriété intellectuelle, et toute restriction ou limitation spéciale pour obtenir la ressource

³ Restrictions de manipulation imposées sur la ressource pour la sécurité nationale ou du même ordre

Structuration des données disponibles



Sensibilité à l'érosion

- Sensibilité liée à la géologie
- Sensibilité liée à la présence de formations superficielles
- Sensibilité liée à l'occupation du sol et à ses changements
- Sensibilité liée au degré des pentes
- Sensibilité liée à la forme des versants
- Sensibilité à l'érosion du bassin versant

Forçage hydro-climatique

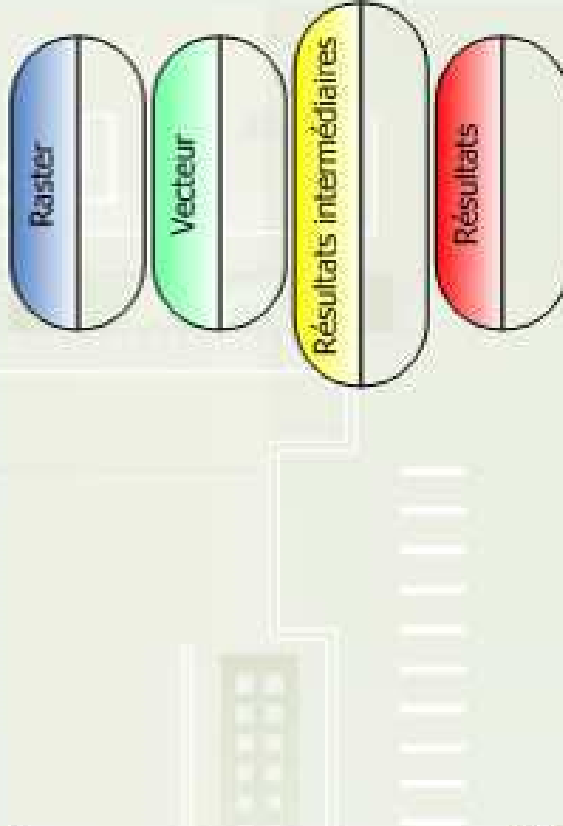
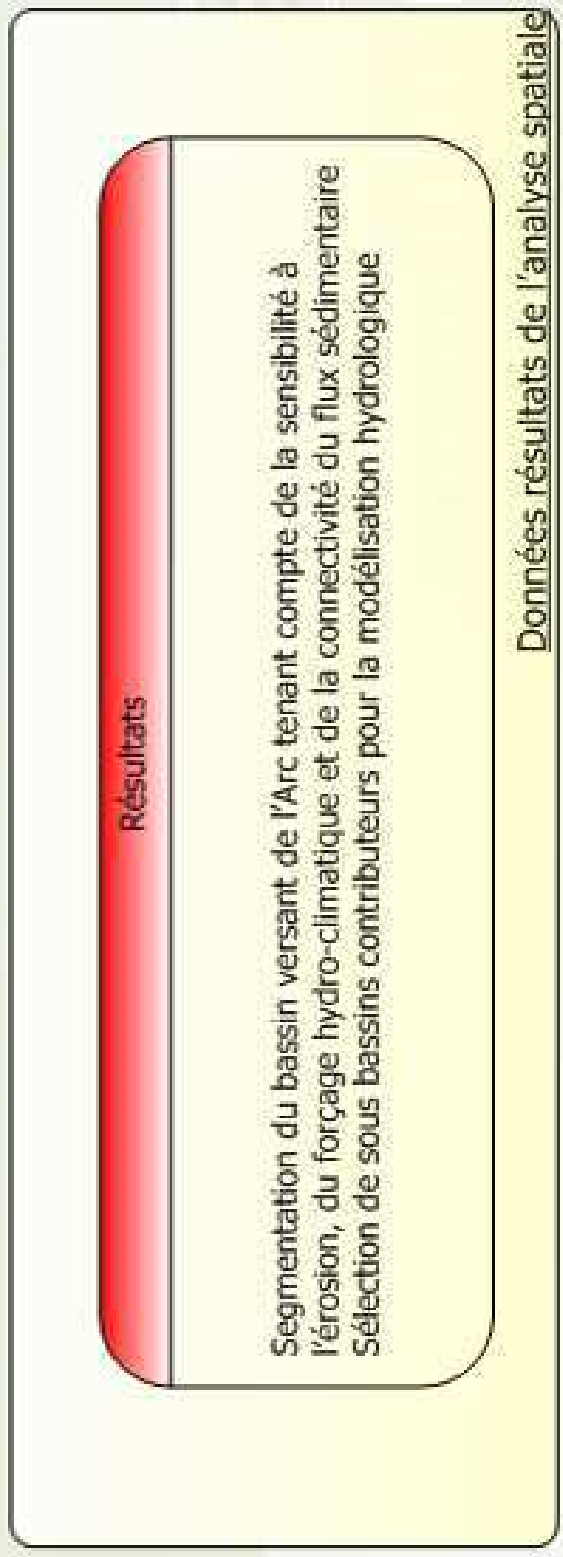
- Régimes hydrologiques
- Distribution saisonnière des précipitations d'une année dans la moyenne
- Sous bassins secteurs de fonte (glaciers et névés très présents)

Données produites pour les besoins de l'analyse spatiale

Analyse du MNT et segmentation en sous bassins

- MNT corrigé (« puits » comblés)
- Directions d'écoulement par les méthodes D8 et Dinf
- Pentes des directions d'écoulement définies par les méthodes D8 et Dinf
- Surfaces drainées d'après les directions d'écoulement définies par les méthodes D8 et Dinf
- Réseau hydrographique ordonné selon la méthode de Strahler et calculé d'après les directions d'écoulement définies par la méthode D8
- Découpage en sous bassins élémentaires forcé par le réseau hydrographique corrigé
- Découpage en sous bassins directement contributeurs (d'après le précédent)
- Découpage reprenant les précédents et tenant compte la connectivité des flux de sédiments

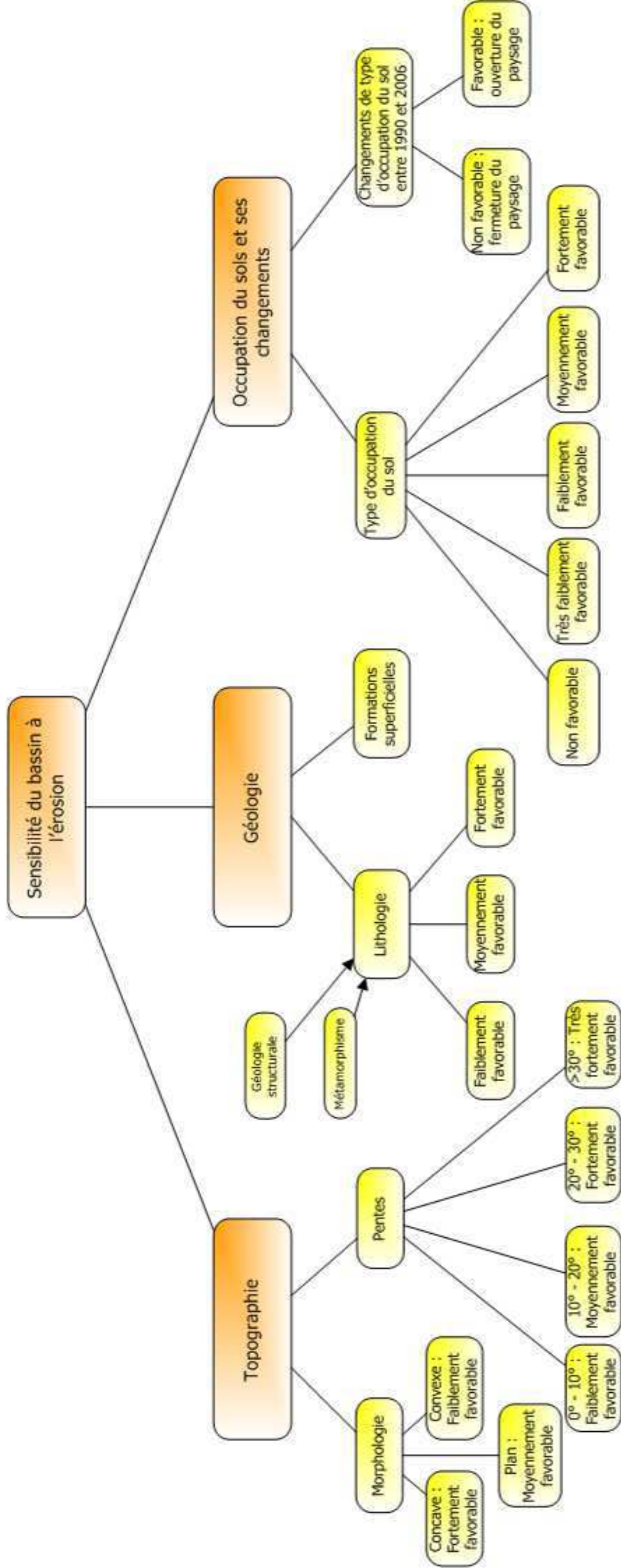
Données produites pour la segmentation en sous bassins

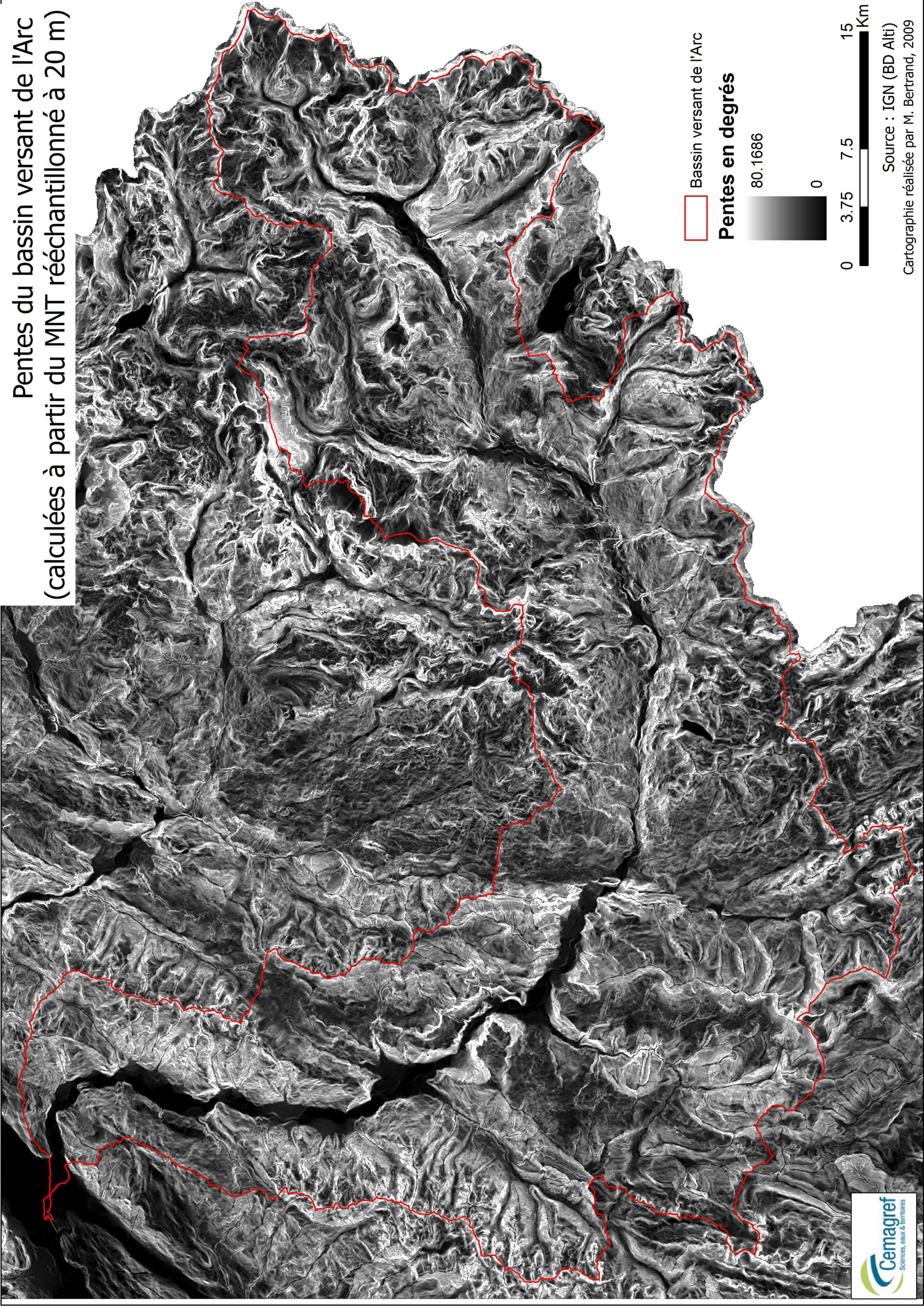


Données résultats de l'analyse spatiale

Acronyme	Nom du modèle	Type de modèle	Application visée	Echelle spatiale	Echelle temporelle
USLE	Universal Soil Loss Equation	Empirique	Prédiction à long terme de l'érosion annuelle moyenne sur des bassins à forte activité agricole en moyenne montagne	De la parcelle aux bassins versants de taille moyenne	Moyenne annuelle, long terme
RUSLE	Revised Universal Soil Loss Equation	Empirique, modèle à constantes localisées	Inventorier et prédire les sites d'érosion sur des bassins à forte activité agricole au relief modéré	Bassin versant	Long terme, moyenne annuelle
MUSLE	Modified Universal Soil Loss Equation	Empirique, modèle à constantes localisées	Estimer la charge de sédiments produits par une seule tornade, basée sur les caractéristiques du ruissellement sur des bassins à forte activité agricole	Bassin de 15 à 1500 Ha	Evénements
FUSLE	Universal Soil Loss Equation in forest with focus on litter	Empirique	Prédire la perte en sol dans les forêts, sur des bassins très arborés	Parcelle ou sous bassin versant	Moyenne annuelle, ou événement
TURTEM	Turkey Soil Erosion Estimation Model	Empirique	Prédiction de l'érosion, bassin méditerranéen	Parcelle, petit bassin	Moyenne annuelle, ou événement
SATEEC (SDR + RUSLE)	Sediment Delivery Ratio, Sediment Assessment Tool for Effective Erosion Control	Empirique	Estimer la perte en sol et le rendement en sédiment pour n'importe quel point d'un bassin versant	Bassin versant	Moyenne annuelle, long terme
AGNPS	Agricultural NonPoint-Source pollution model	Empirique	Identifier les zones vulnérables à l'érosion	Petit ou grand bassin versant	Evénement
MPSIAC	Modified Pacific Southwest Interagency Committee	Empirique	Estimer la quantité et la qualité des sédiments	Grand bassin versant (appliqué sur des unités homogènes de plus petite taille)	Moyenne annuelle
SLEMSA	Soil Loss Erosion Model for Southern Africa	Empirique	Modélisation de l'érosion	Régionale	Moyenne annuelle
CORINE	COOrdination of INformation on the Environment	Empirique	Evaluer le risque d'érosion des sols	Grand bassin (moins de 10Ha)	Moyenne annuelle
SEMMED	Soil Erosion Model for Mediterranean Areas	Empirique	Identifier les zones vulnérables à l'érosion	Grand bassin (moins de 10Ha)	Dépend des données disponibles
MMF	Morgan–Morgan–Finney	A base physique et empirique	Prédiction de l'érosion	Petit bassin	Moyenne annuelle, long terme
SWAT	Soil and Water Assessment Tool	Distribué semi –physique, semi-empirique	Quantifier l'impact des pratiques de gestion des terres	Grand bassin versant	Pas de temps journalier
CREAMS	Chemicals, Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems	A base physique, pas de calibration	Prédire l'érosion et le transport des éléments chimiques d'un système agricole	Parcelle	Evènement ou continue, long terme (jusqu'à 50 ans)
EUROSEM	European Soil Erosion Model	A base physique, distribué	Simuler l'érosion sur un seul événement	Parcelle, petit bassin	Evènement
WEPP	Water Erosion Prediction Project	A base physique, distribué	Prédiction de l'érosion	Parcelle	Simulation continue journalière, mensuelle ou moyenne annuelle
EPIC	Erosion Productivity Impact Calculator	A base physique	Simuler les effets de l'érosion sur la productivité, examiner les processus de transport des sédiments et pesticides	Parcelle à bassin versant de taille moyenne	Long terme (jusqu'à 4000 ans), pas de temps journalier
ANSWERS	Areal Non-point Source Watershed Environment Response Simulation	A base physique, distribué	Modéliser le ruissellement et l'érosion des sols	Petit bassin	Evènement
KINEROS	Kinematic runoff and erosion model	A base physique	Décrire les processus d'érosion	Petit bassin agricole et urbain	Evènement
LISEM	Limburg Soil Erosion Model	A base physique	Simuler les effets d'événements pluvieux (ruissellement, érosion)	Petit bassin versant	Evènement
BNZ	Basin New Zealand model	A base physique, distribué	Prédire l'hydrologie et la charge de sédiment d'un bassin versant	Petit bassin	Moyenne annuelle
HEM	Hillslope Erosion Model	A base physique, distribué	Evaluer l'érosion des versants	Versant	Evènement, long terme
MEDALUS	Mediterranean Desertification and Land Use	A base physique	Déterminer l'érosion, le ruissellement, biomasse organique du sol, désertification	Grand bassin (moins de 10Ha)	Pas de temps de 5-15 min événement multiple, durée maximale de simulation 100 ans)
PESERA	Pan European Soil Erosion Risk Assessment	A base physique, distribué	Estimation de la perte en sol par l'érosion hydrique	Grand bassin (moins de 10Ha)	Moyenne annuelle, long terme
CSEP	Cumulative Soil Erosion Potential	A base physique	Indice d'érosion	Régionale	De journalière à très long terme
MEDRUSH	MESRUSH	A base physique	Surveiller l'écoulement et l'érosion	Régionale	Pas de temps horaire, durée maximale de simulation de 100 ans

Acronyme	Auteurs, Références bibliographiques
USLE	Wischmeier, Smith, 1960; Wischmeier, Smith, 1978; Latulippe, Peiry, 1996 ; Latulippe, 1995 ; Pahari, Delsol, Murai, 1996; Jain, S.K., Kumar, Varghese, 2001; Mati, et al., 2000; Lee, 2004; Pandey, Chowdary, Mal, 2007; Wilson, 1986; Lufafaa, et al., 2003; Bhattarai, Dutta, 2007; Cebecauer, Hofierka, 2008; De Roo, 1998; Molnar, Julien, 1998; Svorin, 2003; Khosrowpanah, et al., 2007; Kothyari, Jain, 1997, Baban, Yusof, 2001 ; Jain, Kothyari, 2000
RUSLE	Renard, 1993 ; Renard, Foster, Weesies, Porter, 1997 ; Pahari, Delsol, Murai, 1996 ; Ricker, Odhiambo, Church, 2008; Moore, Wilson, 1992; Kim, Julien, 2006; Zhou, Luukkanen, Tokola, Nieminen, 2008 ; Jae Lim, et al., 2005 ; Mendicino, 1999 ; Jaramillo, 2003
MUSLE	Williams, Berndt, 1977 ; Zhou, Wu, 2008; Jaramillo, 2003
FUSLE	Jin Chi, et al., 2008
TURTEM	Ozden, Ozden, 1997 ; Ozden, Ozden, 1998
SATEEC (SDR + RUSLE)	Jae Lim, et al., 2005
AGNPS	Lenzi, Di Luzio, 1997
MPSIAC	Amiri, Chaichi, Tabatabai, 2007
SLEMSA	Elwell, 1984 ; Svorin, 2003
CORINE	Briggs, Martin, 1988 ; Yuksel, Gundogan, Akay, 2008
SEMMED	De Jong, Riezebos, 1997 ; De Jong, et al., 1999
MMF	Morgan, 2001 ; Svorin, 2003
SWAT	Gassman, et al., 2007; Pandey, et al., 2009
CREAMS	Knisel, 1980; Nearing, Foster, Lane, Finkner, 1989
EUROSEM	Morgan, et al., 1998
WEPP	Wu, 2004; Foster, Lane, 1987
EPIC	Rojas, et al., 2008 ; Williams, Dyke, Jones, 1983
ANSWERS	Beasley, Huggins, 1981 ; De Roo, 1998
KINEROS	Kalin, Hantush, 2006 ; Proceedings 1990 ; Woolhiser, Smith, Goodrich, 1998
LISEM	De Roo, 1998 ; Jetten, Govers, Hessel, 2003
BNZ	Rodda, et al., 2001 ; Cooper, 1994
HEM	Wilson, 2001
MEDALUS	Kirkby, et al., 1998
PESERA	Kirkby, et al., 2004
CSEP	De Ploey, Kirkby, Ahnert, 1990 ; Kirkby, Cox, 1995
MEDRUSH	Kirkby, 1998 ; Kirkby, McMahon, 1999





Pentes du bassin versant de l'Arc
(calculées à partir du MNT rééchantillonné à 20 m)

□ Bassin versant de l'Arc

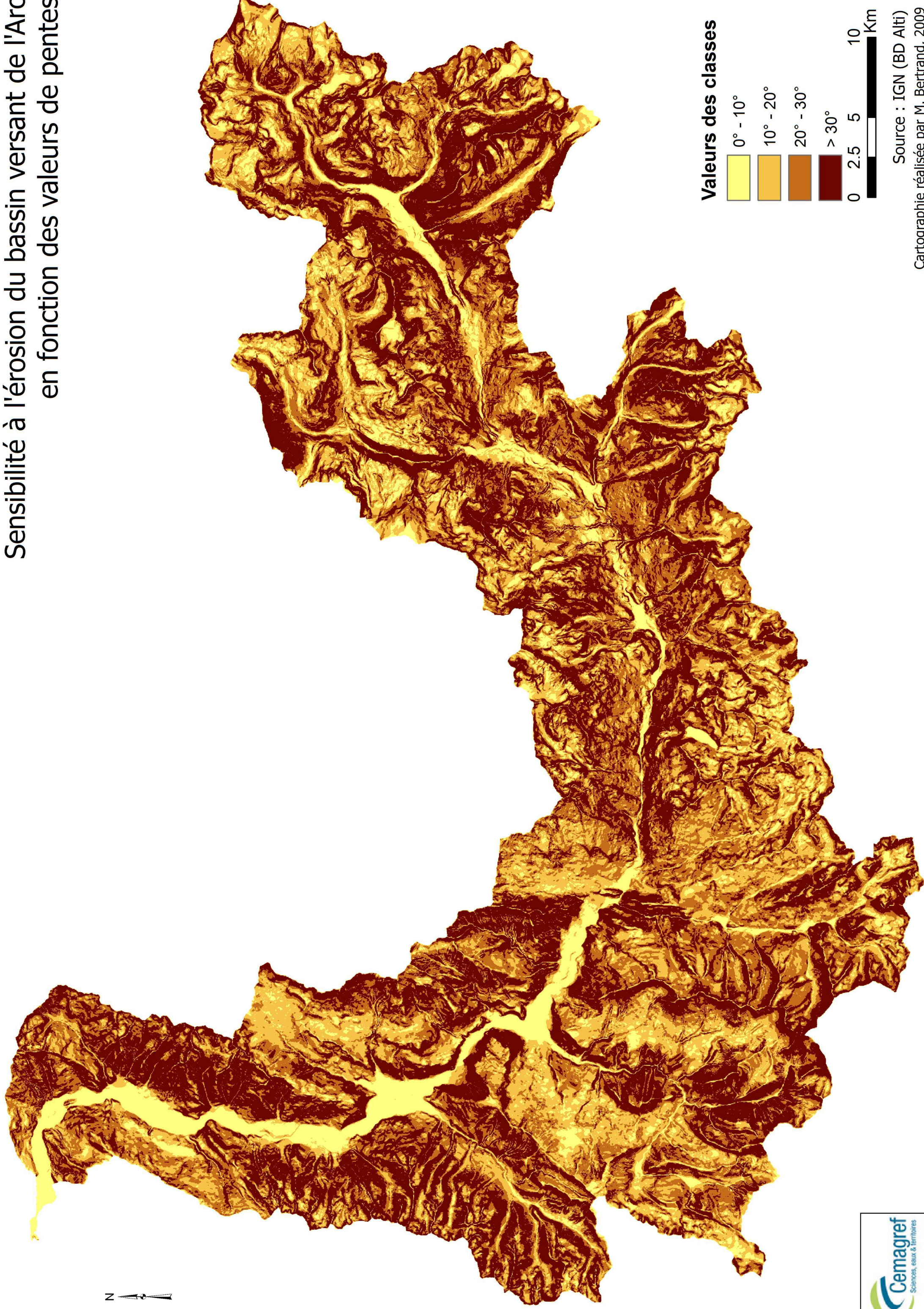
Pentes en degrés

80.1686

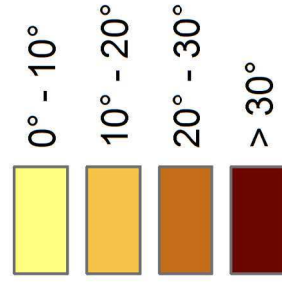
0

0 3.75 7.5 15 Km

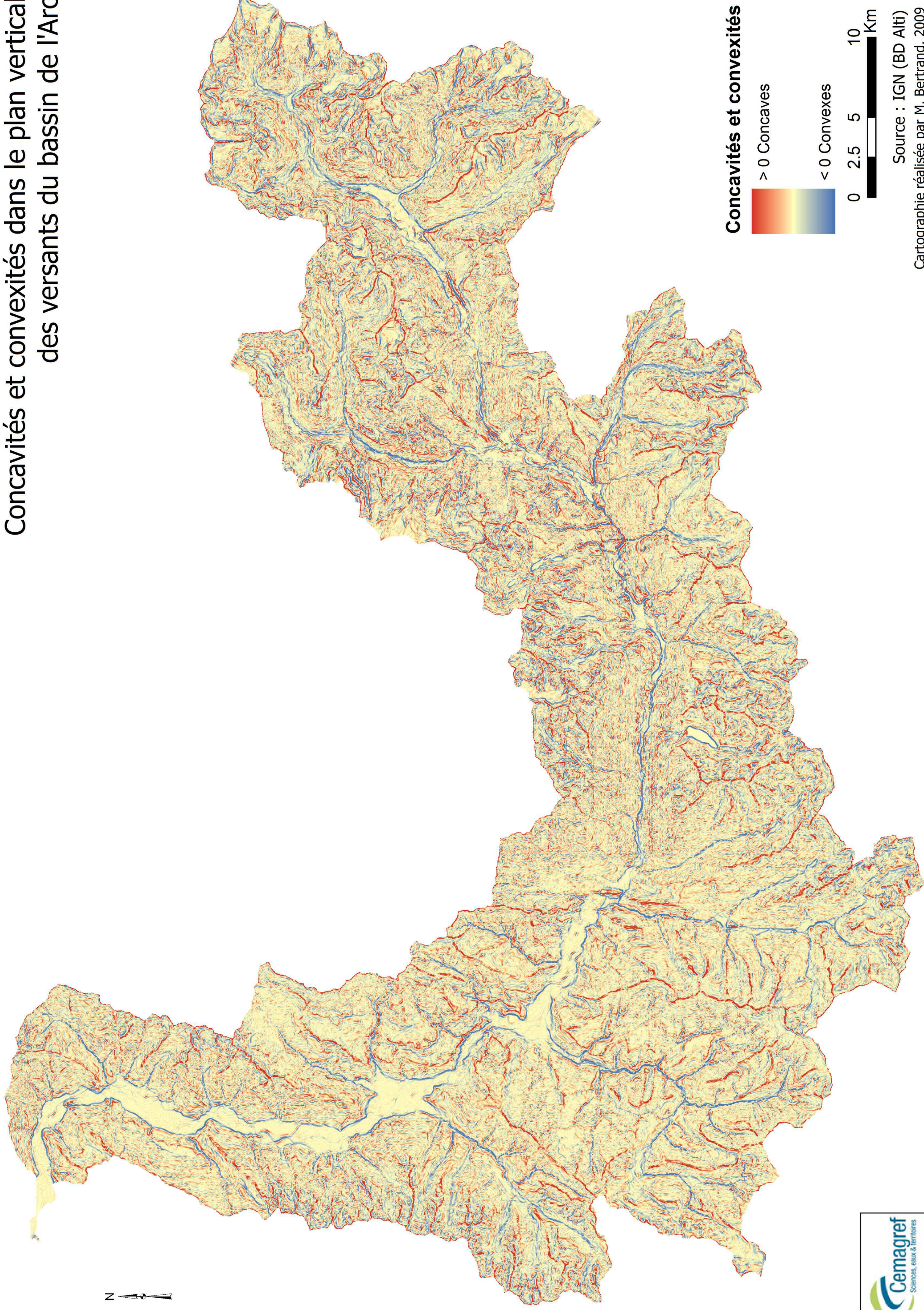
Sensibilité à l'érosion du bassin versant de l'Arc en fonction des valeurs de pentes



Valeurs des classes



Concavités et convexités dans le plan vertical des versants du bassin de l'Arc



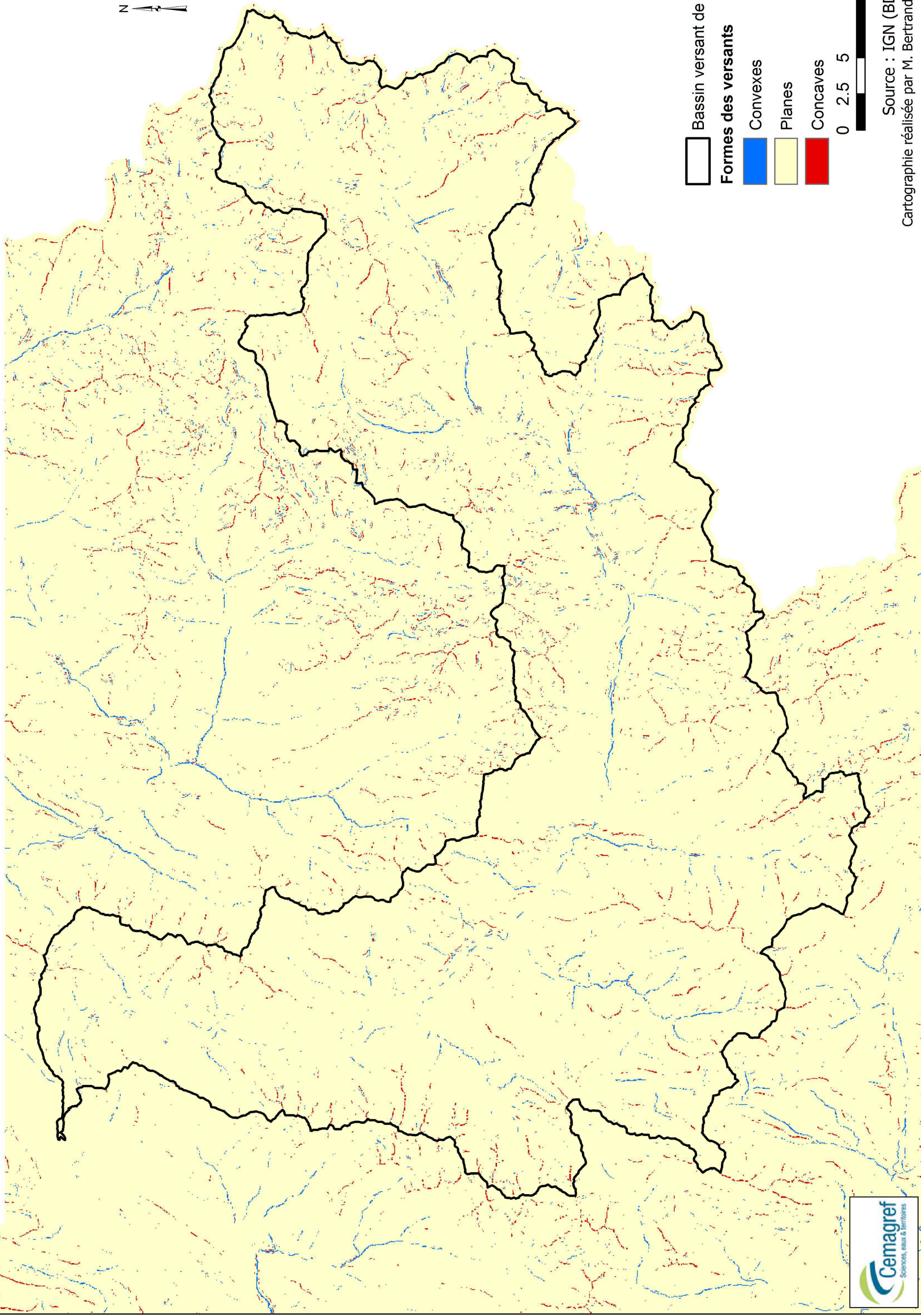
Concavités et convexités

> 0 Concaves

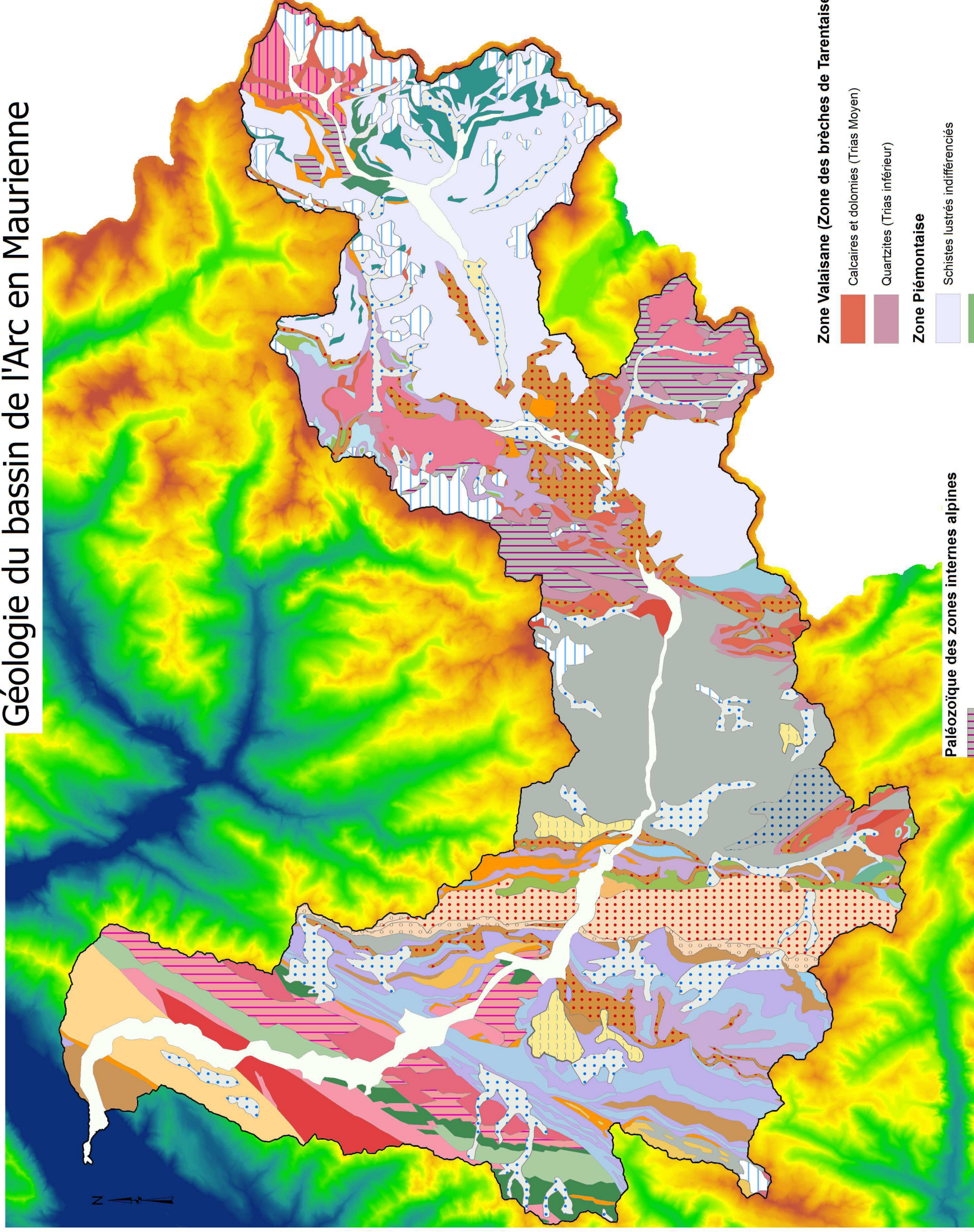
< 0 Convexes



Sensibilité à l'érosion du bassin de l'Arc en fonction des versants des formes des versants dans le plan vertical



Géologie du bassin de l'Arc en Maurienne



Quaternaire

- Alluvions fluviales, dépôts lacustres actuels
- Terrains glissés, coulées boueuses
- Eboulements en masse
- Moraines wurmiennes
- Glaciers

Zones Externes alpines

- Flysch ultra-helvétique et flysch des aiguilles d'Arves
- Conglomérat de base pour les flysch ultra-helvétiques
- Calcaires et grès à Nummulites (Lutétien à Priabonien)
- Tithonique subalpin
- 'Terres Noires', marnes (Oxfordien)
- Calcaires marneux (Jurassique moyen)
- Marnes (Aalénien)
- Calcaires marneux (Lias Moyen)
- Calcaires (Lias indifférencié)
- Dolomies, cargneules et gypses (Trias)
- Houiller (Stéphanien principalement)
- Granites
- Gneiss (blastomylonites) de Cheserys
- Micaschistes chloriteux, 'série verte supérieure'
- Gneiss et micaschistes du 'rameau externe'
- Gneiss et micaschistes du 'rameau interne'
- Amphibolites
- Orthogneiss, blastomylonites
- Granites, blastomylonites
- Leptynites micacées
- Migmatites et amphibolites

Zones subbriançonnaises et briançonnaises

- 'Flysch noir' subbriançonnais (Eocène)
- Calcschistes planctoniques (Néocrétacé-Paléocène)
- Calcaires à zones siliceuses (Crétacé inférieur indifférencié)
- Calcaires à Calpionelles (Tithonique)
- Marnes (Aalénien, et Lias supérieur)
- Gypses et cargneules triasiques (Keuper ou Werfénien)

Zone Valaisane (Zone des brèches de Tarentaise)

- Calcaires et dolomies (Trias Moyen)
- Quartzites (Trias inférieur)

Zone Piémontaise

- Schistes lustrés indifférenciés
- Pérites manganésifères (Crétacé supérieur)
- Calcaires (Jurassique - Crétacé indifférencié)
- Gypses triasiques (Keuper)
- Prasinites ('Roches Vertes' des Schistes lustrés)
- Serpentinnes ('Roches Vertes' des Schistes lustrés)

Paléozoïque des zones internes alpines

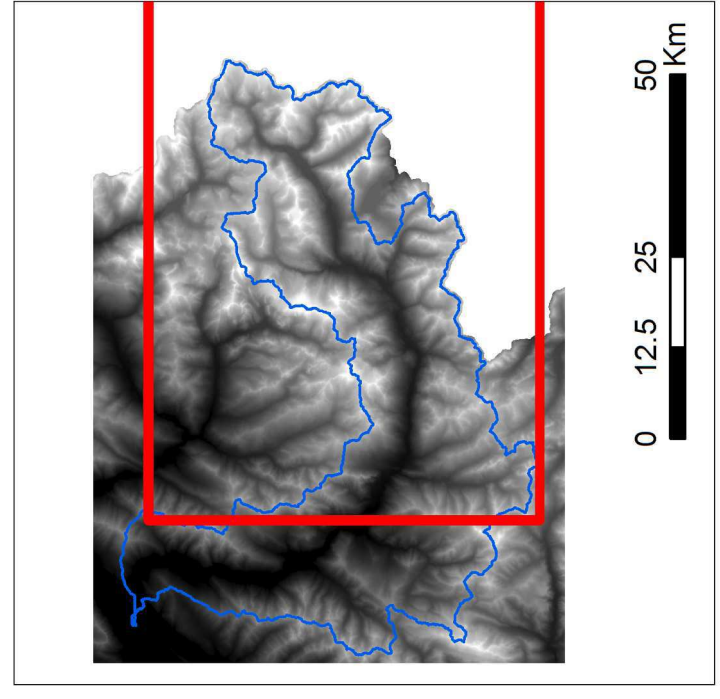
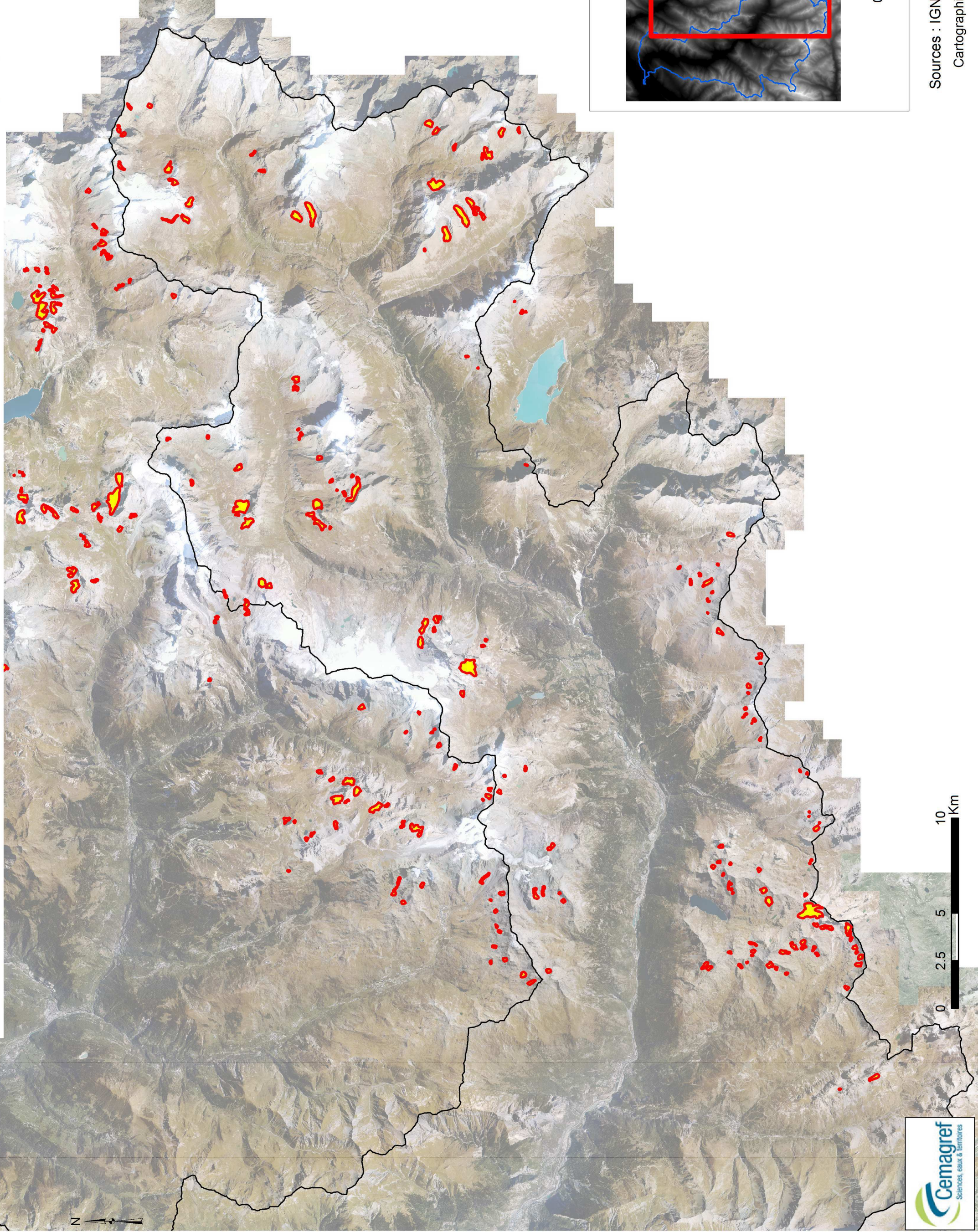
- Gneiss (Permien métamorphique du Briançonnais interne)
- Roches volcaniques : Dacites, rholites, etc...
- Houiller (Stéphaniano-Autunien)
- Socle cristallin ancien polymétamorphique, indifférencié, gneiss
- Gneiss et micaschistes à grain fin ('Gneiss Minuti')



Source : Carte géologique d'Anney, 1/250000, BRGM

Cartographie réalisée par M. Bertrand, 2009

Formations superficielles susceptibles de témoigner de la présence d'un pergélisol



Annexe 15 : Références bibliographiques : classification des lithologies et formations superficielles selon leur sensibilité à l'érosion

Classes	Catégorie de roches	Type de roches
Roches résistantes	Roches basaltique	Basalte, basanite, hawaïte, mugéarites, trachyte, phonolites
	Roches cristallines	Granit, granodiorite, rhyolite, diorite, gabbros
	Roches détritiques et sédimentaires	Roches métamorphiques cristallines : amphibolite, anatexite - Gneiss, Migmatites, micaschistes
Roches hétérogènes	Séries carbonatées	Alternances roches calcaires/marnes - séries secondaires/tertiaire et dolomies
	Flyschs	Flyschs sédimentaires éventuellement métamorphisés
	Schistes sédimentaires	Schistes primaires, schistes houillers, micaschistes
Roches cohérentes, tendres	Roches sédimentaires	Marnes, craies, gypse
Roches peu consolidées	Roches détritiques	Molasses, argiles, alluvions anciennes
	Formations particulières	Sables, moraines, alluvions (fluvio-glaciaires ou fluviatiles) Roches volcaniques de type cinérites

Classification de A. Chandesris établie à partir de Derruau 1974, Rogers et Wasson 1995, échelle 1/1000000

High erodibility:

- Clastic sediments of the Molasse and the Po Basins (mostly non-metamorphic shales, sandstones and conglomerates of Neogene age).
- Penninic and Helvetic flysch units (fine-grained clastic sequences of Paleogene age).
- Bündnerschiefer, a voluminous unit consisting mainly of Mesozoic sandstones, shales and slates interlayered by lime-

stones and dolomites. High erodibility is attributed to the pervasive cleavage in the various rock types.

- Volcaniclastic sequences in the Aar massif (Late Paleozoic sandstones and shales).

Medium erodibility:

- Mesozoic carbonates in the Helvetic, Penninic, Austroalpine and Southalpine units.

Low erodibility:

- Polymetamorphic (para)gneisses of the pre-Mesozoic crystalline basement.

Very low erodibility:

- Granitoids, ortho-gneisses and amphibolites of the metamorphic pre-Mesozoic crystalline basement.
- Tertiary granitoids (Bergell and Adamello intrusives).

« The relief of the Swiss Alps and adjacent areas and its relation to lithology and structure: topographic analysis from a 250m DEM » A. Kühni, O.A. Pfiffner, 2001

Matériau	Erodibilité	Niveaux de confiance
<i>Alluvions</i>	forte	faible
<i>Sédiments fluviaux anciens (tertiaires)</i>	moyenne	moyen
<i>Terrasses</i>	moyenne	moyen
<i>Roches calcaires</i>	faible	élevé
<i>Calcaire marneux</i>	forte	moyen
<i>Craie</i>	moyenne	moyen
<i>Craie secondaire</i>	moyenne	moyen
<i>Marnes</i>	forte	élevé
<i>Argiles</i>	moyenne	moyen
<i>Matériaux argileux</i>	faible	moyen
<i>Argiles primaires, secondaires et tertiaires</i>	faible	moyen
<i>Roches argileuses</i>	faible	faible
<i>Sables</i>	moyenne	moyen
<i>Sable alluvial ou glacio-fluvial, matériaux sableux et graveleux</i>	forte	élevé
<i>Sable éolien, dépôts locaux</i>	forte	élevé
<i>Roche sableuse</i>	faible	élevé
<i>Limons</i>	forte	élevé
<i>Limons pierreux</i>	moyenne	moyen
<i>Formations détritiques, Arkose</i>	faible	faible
<i>Flysch, molasse</i>	forte	élevé
<i>Roches cristallines</i>	faible	élevé
<i>Schistes</i>	moyenne	moyen
<i>Schiste</i>	forte	moyen
<i>Ardoise</i>	forte	moyen
<i>Roches volcaniques</i>	faible	faible
<i>Autres roches</i>	faible	faible
<i>Matière organique</i>	moyenne	élevé

« Cartographie de l'aléa « Erosion des sols » en France », C. Montier, J. Daroussin, D. King du Service d'Étude des Sols et de la Carte Pédologique de France, à l'INRA, 1998, échelle 1/1000000

Formations rocheuses cohérentes	Micaschistes, gneiss, calcaires, calcschistes, grès, microdiorites, roches vertes
Formations rocheuses fracturées	Dolomies, conglomérats, quartzites, grès, calcaires marneux, calcschistes et schistes, brèches
Formations rocheuses peu cohérentes	Marnes, schistes et grès en association, gypse et cargneule
Formations meubles cohérentes	Moraines, alluvions, éboulis
Formations meubles peu cohérentes	Eboulements, terrains glissés, coulées boueuses

ETUDE HYDRAULIQUE DE L'ARC DE MAURIENNE DE MODANE A L'ISERE, Estimation des apports sédimentaires des torrents affluents, Brochet, S., 1998, (Tableau p22, d'après Marie, R., 1984)

1) – *Roches pratiquement non sujettes à l'érosion*

Roches cristallines, roches calcaires subcristallines compactes, roches volcaniques non dégradées, grès compacts, roches ophiolitiques (diabases, serpentins, etc.).

2) – *Roches peu sujettes à l'érosion*

Calcaires éocènes et miocènes plus ou moins marneux, marnes calcaires, chaux-schistes compacts, molasses.

3) – *Roches sujettes à l'érosion*

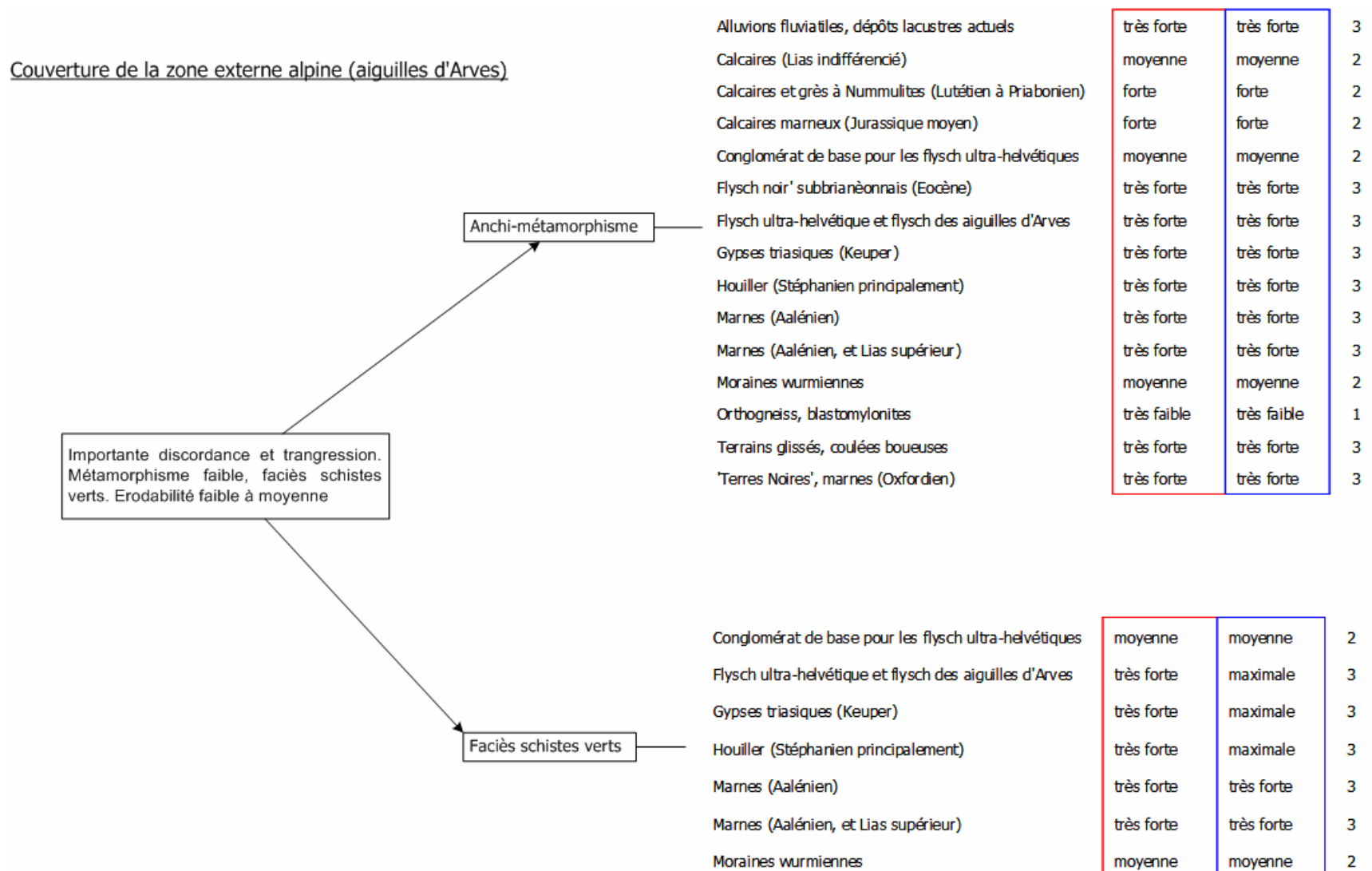
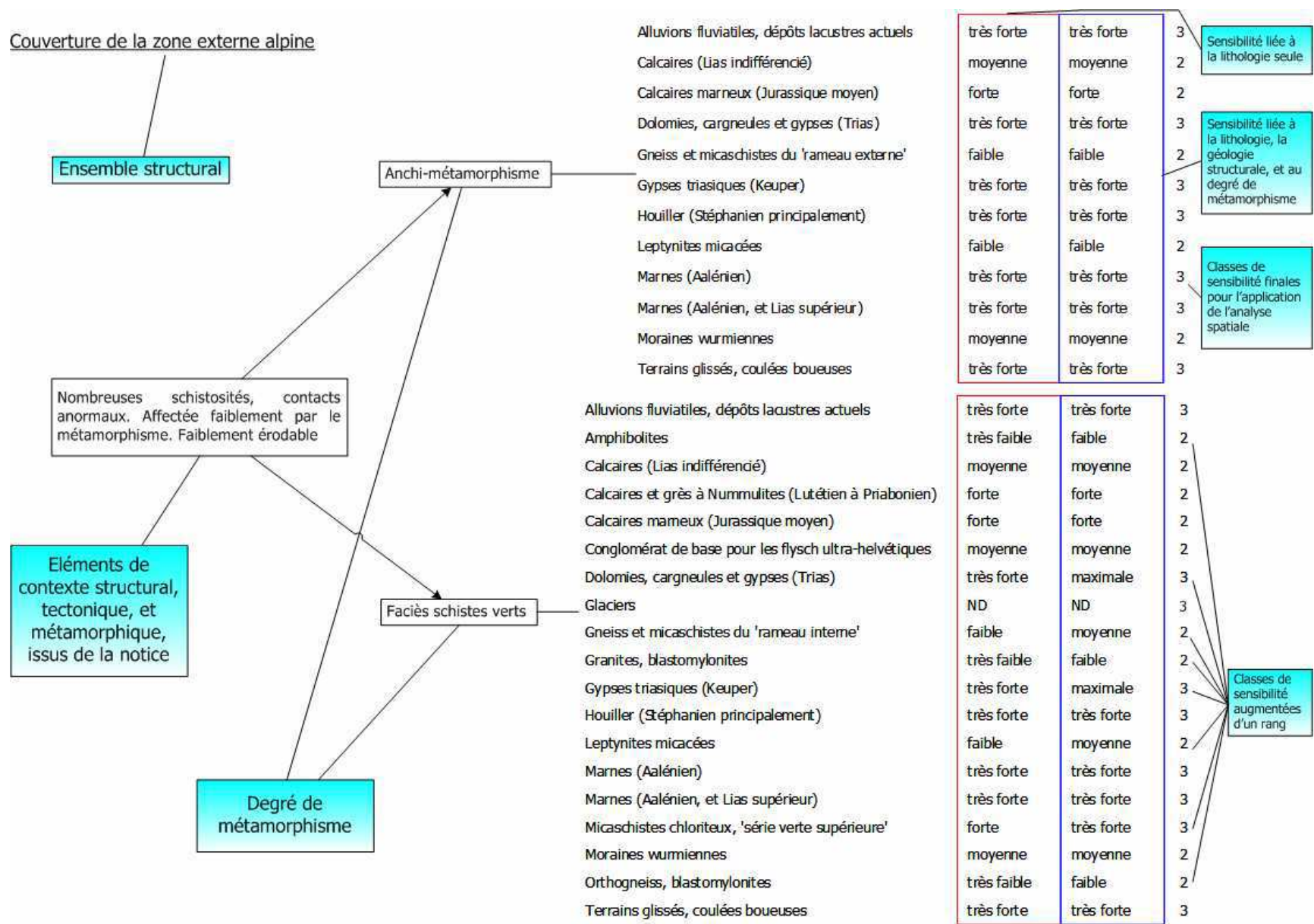
Schistes glaises, dépôts morainiques, marnes, conglomérats, grès du tertiaire, roches de toutes natures très fracturées.

4) – *Roches particulièrement sujettes à l'érosion*

Marnes argileuses ou sablonneuses du pliocène, argiles écailleuses, alluvions anciennes et récentes, couches détritiques, terrain nu ou labouré.

« Contribution à l'étude sur le transport solide en suspension dans les cours d'eau et sur la dégradation du sol dans le bassin du Pô », L. Canali, G. Allodi, 1967

Annexe 16 : Arbre de décision pour la modification du degré de sensibilité des lithologies en fonction de l'ensemble structural auquel elles appartiennent, et de l'importance du métamorphisme qu'elles ont subi, et classification finalement adoptée pour l'analyse spatiale



Zone subbriançonnaise

Entièrement décollée de son socle ancien, clivée, écaillée, plissée. Faible métamorphisme au faciès SV. Erodibilité moyenne

Anchi-métamorphisme

- Alluvions fluviales, dépôts lacustres actuels
- Calcaires (Lias indifférencié)
- Calcaires à Calpionelles (Tithonique)
- Calcaires à zones siliceuses (Crétacé inférieur indifférencié de la zone subbriançonnaise)
- Calcaires marneux (Jurassique moyen)
- Calcaires marneux (Lias Moyen)
- Calcschistes planctoniques (Néocrétacé-Paléocène)
- Dolomies, cargneules et gypses (Trias)
- Flysch noir' subbriançonnais (Eocène)
- Flysch ultra-helvétique et flysch des aiguilles d'Arves
- Gypses triasiques (Keuper)
- Houiller (Stéphanien principalement)
- Moraines wurmiennes
- Terrains glissés, coulées boueuses
- 'Terres Noires', marnes (Oxfordien)
- Tithonique subalpin

très forte	très forte	3
moyenne	moyenne	2
moyenne	moyenne	2
moyenne	moyenne	2
forte	forte	2
forte	forte	2
faible	faible	2
très forte	très forte	3
très forte	très forte	3
très forte	très forte	3
très forte	très forte	3
très forte	très forte	3
moyenne	moyenne	2
très forte	très forte	3
très forte	très forte	3
moyenne	moyenne	2

Massifs cristallins externes

Déformations, mylonitisations, exhaussement, basculement, grandes fractures. Métamorphisme important faciès schistes verts. Erodibilité faible à moyenne

Faciès schistes verts, métamorphisme anté-alpin indifférencié

- Alluvions fluviales, dépôts lacustres actuels
- Amphibolites
- Calcaires (Lias indifférencié)
- Dolomies, cargneules et gypses (Trias)
- Gneiss et micaschistes du 'rameau interne'
- Gypses triasiques (Keuper)
- Marnes (Aalénien)
- Marnes (Aalénien, et Lias supérieur)
- Orthogneiss, blastomylonites

très forte	très forte	3
très faible	faible	2
moyenne	moyenne	2
très forte	maximale	3
faible	moyenne	2
très forte	maximale	3
très forte	très forte	3
très forte	très forte	3
très forte	très forte	3
très faible	faible	2

Massifs cristallins externes (Grandes Rousses)

Déformations, mylonitisations, exhaussement, basculement, grandes fractures. Métamorphisme important faciès schistes verts. Erodibilité faible à moyenne

Faciès schistes verts, métamorphisme anté-alpin indifférencié

- Dolomies, cargneules et gypses (Trias)
- Glaciers
- Houiller (Stéphanien principalement)
- Leptynites micacées
- Marnes (Aalénien)
- Migmatites et amphibolites

très forte	maximale	3
ND	ND	3
très forte	très forte	3
faible	moyenne	2
très forte	très forte	3
très faible	faible	2

Massifs cristallins externes (Belledonne)

Déformations, mylonitisations, exhaussement, basculement, grandes fractures. Métamorphisme important faciès schistes verts. Erodibilité faible à moyenne

Faciès schistes verts

Faciès schistes verts, métamorphisme anté-alpin indifférencié

- Alluvions fluviales, dépôts lacustres actuels
- Gneiss et micaschistes du 'rameau externe'
- Gneiss et micaschistes du 'rameau interne'
- Granites
- Moraines wurmiennes

très forte	très forte	3
faible	moyenne	2
faible	faible	2
très faible	très faible	1
moyenne	moyenne	2

- Alluvions fluviales, dépôts lacustres actuels
- Amphibolites
- Calcaires marneux (Jurassique moyen)
- Dolomies, cargneules et gypses (Trias)
- Gneiss et micaschistes du 'rameau externe'
- Gneiss et micaschistes du 'rameau interne'
- Granites
- Granites, blastomylonites
- Micaschistes chloriteux, 'série verte supérieure'
- Moraines wurmiennes
- Orthogneiss, blastomylonites

très forte	très forte	3
très faible	faible	2
forte	forte	2
très forte	maximale	3
faible	moyenne	2
faible	moyenne	2
très faible	très faible	1
très faible	faible	2
forte	forte	2
moyenne	moyenne	2
très faible	faible	2

Massifs cristallins internes

Coupole tardive, mouvements verticaux, chevauchements. Métamorphisme de HP puis de HT, nombreuses ophiolites, socle polymétamorphique. Erodibilité forte

Faciès schistes verts, reprenant un faciès de HP, Métamorphisme ante-alpin indifférencié

Alluvions fluviales, dépôts lacustres actuels	très forte	très forte	3
Dolomies, cargneules et gypses (Trias)	très forte	maximale	3
Glaciers	ND	ND	3
Gneiss (blastomylonites) de Cheserys	faible	moyenne	2
Gneiss (Permien métamorphique du Briançonnais interne)	faible	moyenne	2
Gneiss et micaschistes à grain fin ('Gneiss Minuti')	faible	moyenne	2
Moraines wurmiennes	moyenne	moyenne	2
Prasinities ('Roches Vertes' des Schistes lustrés)	forte	très forte	3
Schistes lustrés indifférenciés	très forte	maximale	3
Serpentines ('Roches Vertes' des Schistes lustrés)	forte	très forte	3

Schistes lustrés piémontais

Intense replissement, superposition de plusieurs schistosités, matériel entièrement allochtone, chevauchements. Métamorphisme très important, faciès des schistes vert HP, pas de véritables ophiolites. Forte érodibilité

Faciès schistes verts, reprenant un faciès de haute pression

Alluvions fluviales, dépôts lacustres actuels	très forte	très forte	3
Calcaires (Jurassique - Crétacé indifférencié)	moyenne	moyenne	2
Calcaires (Lias indifférencié)	moyenne	moyenne	2
Calcaires et dolomies (Trias Moyen)	forte	forte	2
Calcschistes planctoniques (Néocrétacé-Paléocène)	faible	faible	2
Dolomies, cargneules et gypses (Trias)	très forte	maximale	3
Eboulements en masse	forte	forte	2
Glaciers	ND	ND	3
Gneiss (Permien métamorphique du Briançonnais interne)	faible	faible	2
Gneiss et micaschistes à grain fin ('Gneiss Minuti')	faible	faible	2
Gypses et cargneules triasiques (Keuper ou Werfénien)	très forte	maximale	3
Gypses triasiques (Keuper)	très forte	maximale	3
Houiller (Stéphanien principalement)	très forte	très forte	3
Moraines wurmiennes	moyenne	moyenne	2
Pélites manganésifères (Crétacé supérieur)	très forte	maximale	3
Prasinities ('Roches Vertes' des Schistes lustrés)	forte	très forte	3
Quartzites (Trias inférieur)	très faible	très faible	1
Schistes lustrés indifférenciés	très forte	maximale	3
Serpentines ('Roches Vertes' des Schistes lustrés)	forte	très forte	3

Zone briançonnaise interne ou zone Vanoise - Ambin

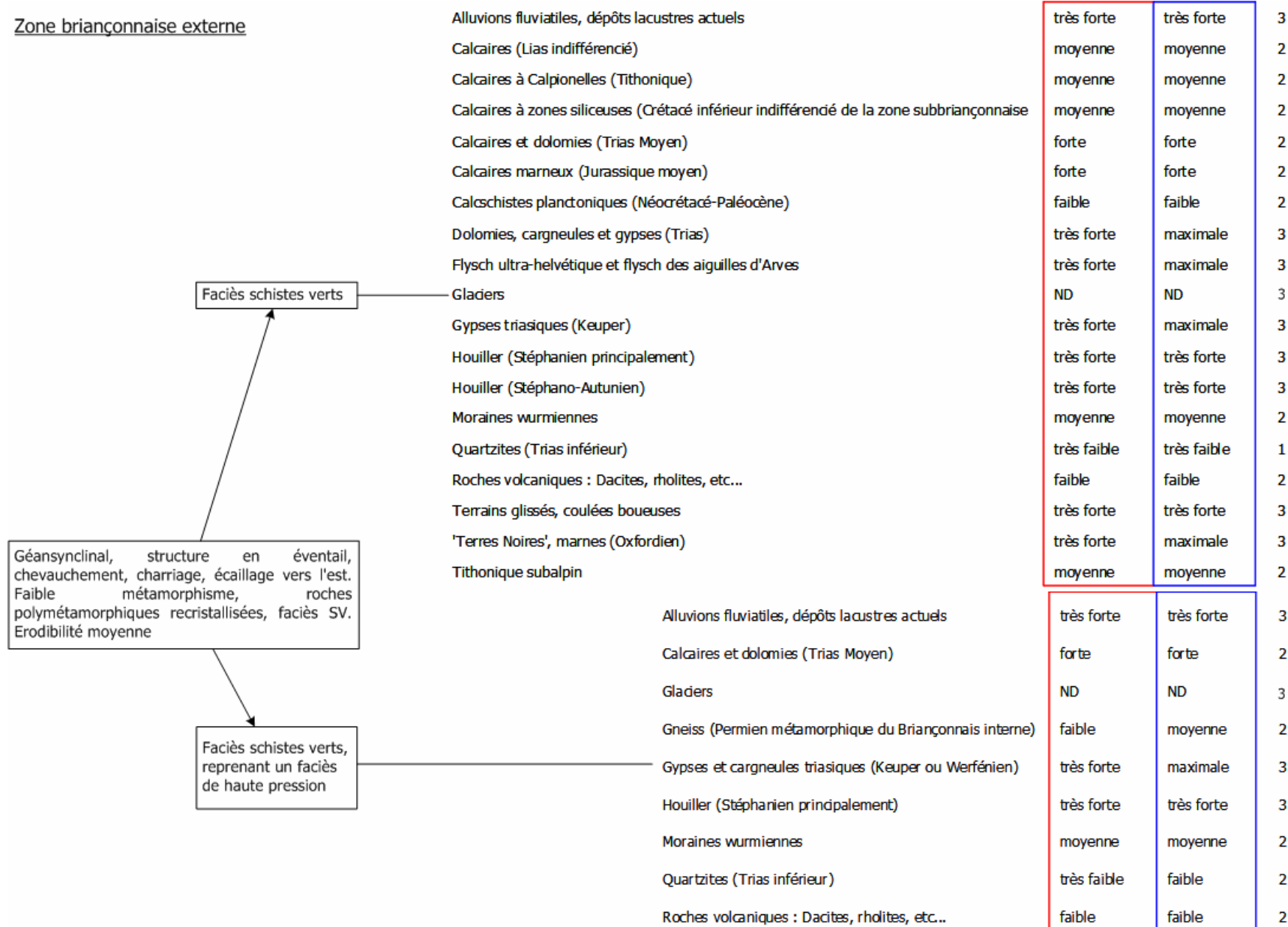
Nombreuses brèches, énorme pli couché, grands accidents, écailles, substitution de couverture. Métamorphisme très important de P intermédiaire, faciès amphibolite, jadéitique. Forte érodibilité

Faciès schistes verts, reprenant un faciès de haute pression

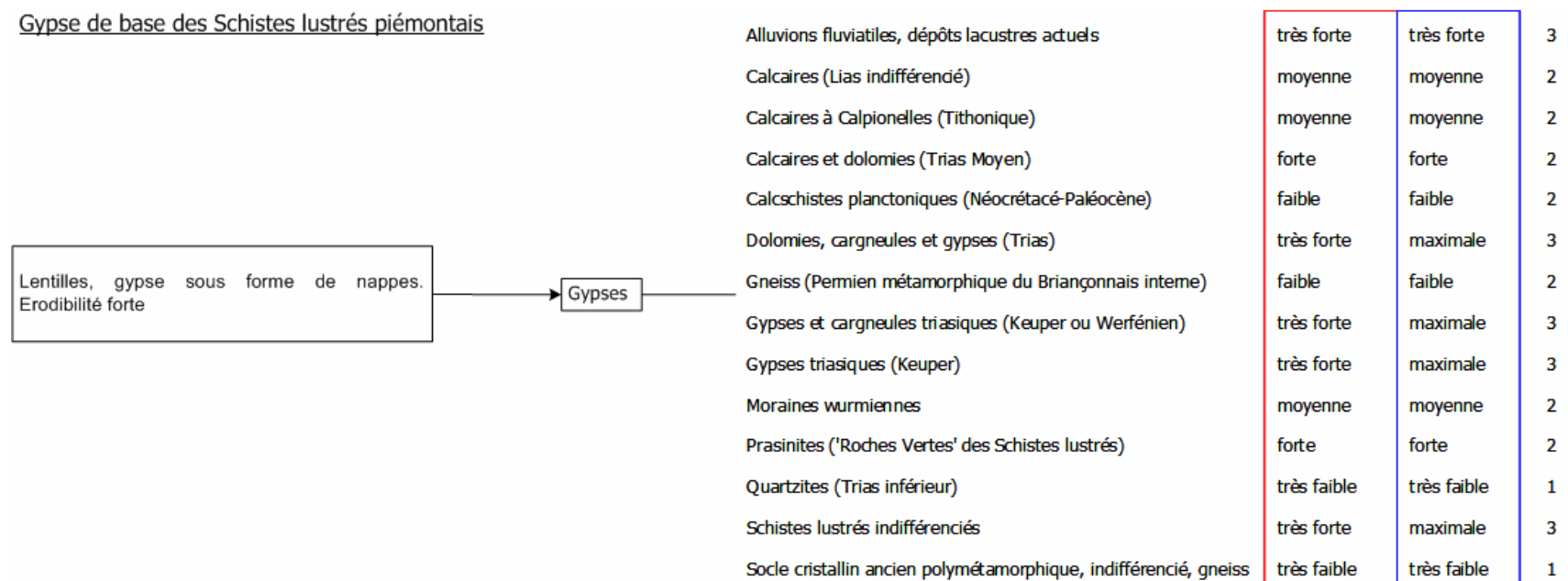
Faciès schistes verts, reprenant un faciès de HP, Métamorphisme ante-alpin indifférencié

Alluvions fluviales, dépôts lacustres actuels	très forte	très forte	3
Calcaires (Jurassique - Crétacé indifférencié)	moyenne	moyenne	2
Calcaires (Lias indifférencié)	moyenne	moyenne	2
Calcaires à Calpionelles (Tithonique)	moyenne	moyenne	2
Calcaires et dolomies (Trias Moyen)	forte	forte	2
Calcschistes planctoniques (Néocrétacé-Paléocène)	faible	faible	2
Dolomies, cargneules et gypses (Trias)	très forte	maximale	3
Glaciers	ND	ND	3
Gneiss (Permien métamorphique du Briançonnais interne)	faible	moyenne	2
Gypses et cargneules triasiques (Keuper ou Werfénien)	très forte	maximale	3
Gypses triasiques (Keuper)	très forte	maximale	3
Moraines wurmiennes	moyenne	moyenne	2
Prasinities ('Roches Vertes' des Schistes lustrés)	forte	très forte	3
Quartzites (Trias inférieur)	très faible	faible	2
Schistes lustrés indifférenciés	très forte	maximale	3
Socle cristallin ancien polymétamorphique, indifférencié, gneiss	très faible	faible	2
Calcaires (Lias indifférencié)	moyenne	moyenne	2
Calcaires à Calpionelles (Tithonique)	moyenne	moyenne	2
Calcaires et dolomies (Trias Moyen)	forte	forte	2
Calcschistes planctoniques (Néocrétacé-Paléocène)	faible	faible	2
Dolomies, cargneules et gypses (Trias)	très forte	maximale	3
Glaciers	ND	ND	3
Gneiss (Permien métamorphique du Briançonnais interne)	faible	moyenne	2
Gypses triasiques (Keuper)	très forte	maximale	3
Moraines wurmiennes	moyenne	moyenne	2
Quartzites (Trias inférieur)	très faible	faible	2
Schistes lustrés indifférenciés	très forte	maximale	3
Socle cristallin ancien polymétamorphique, indifférencié, gneiss	très faible	faible	2

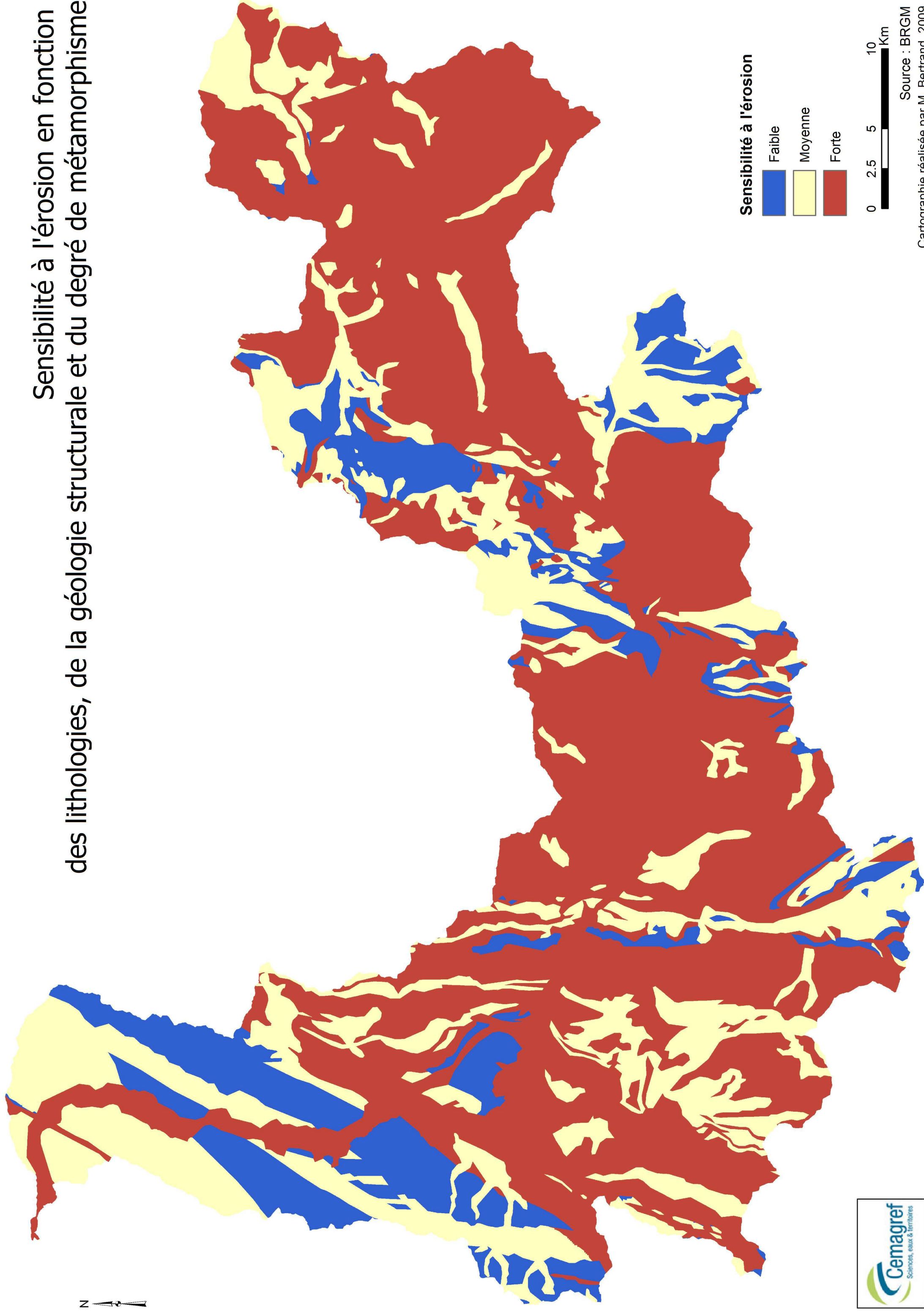
Zone Briançonnaise externe



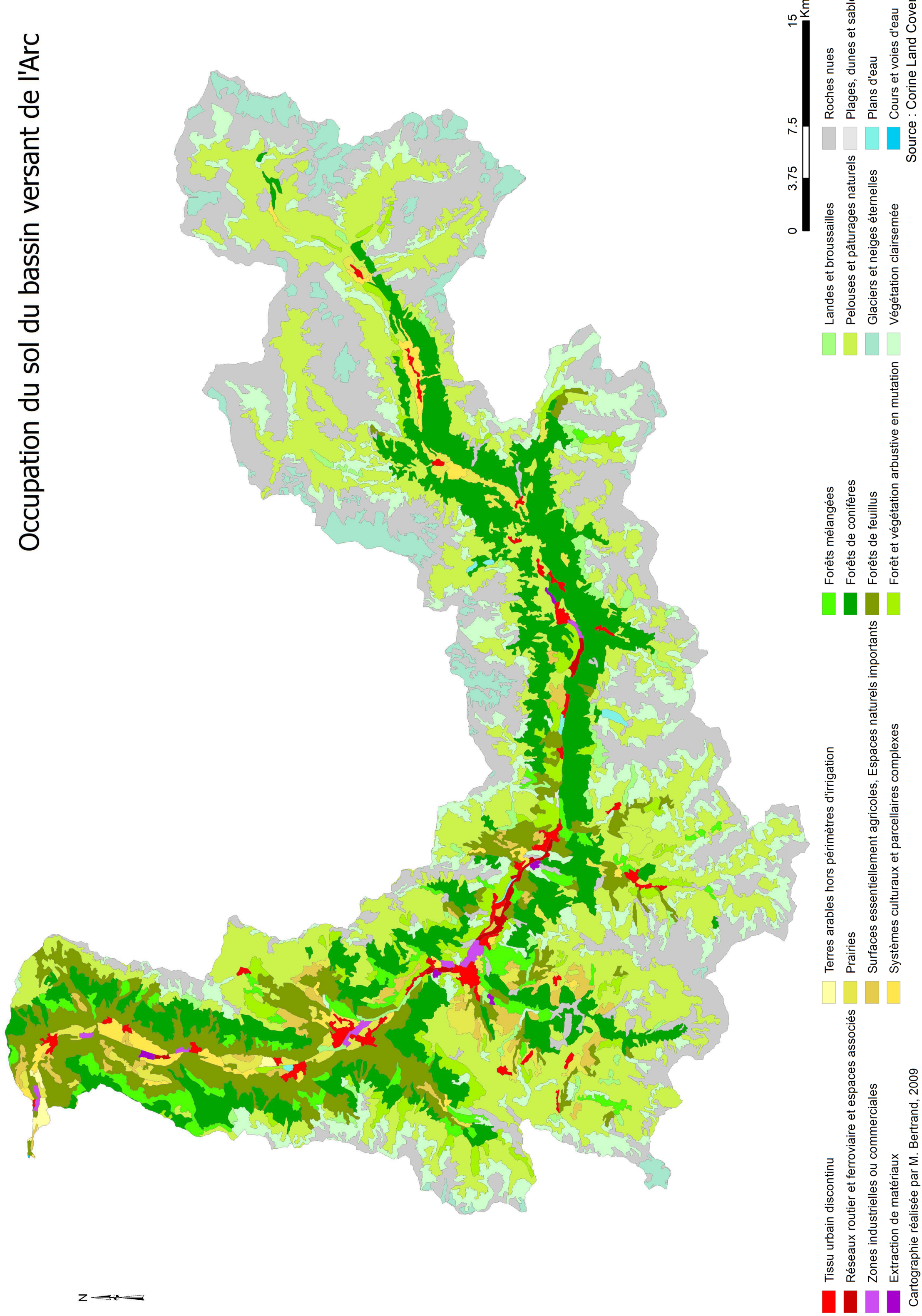
Gypse de base des Schistes lustrés piémontais



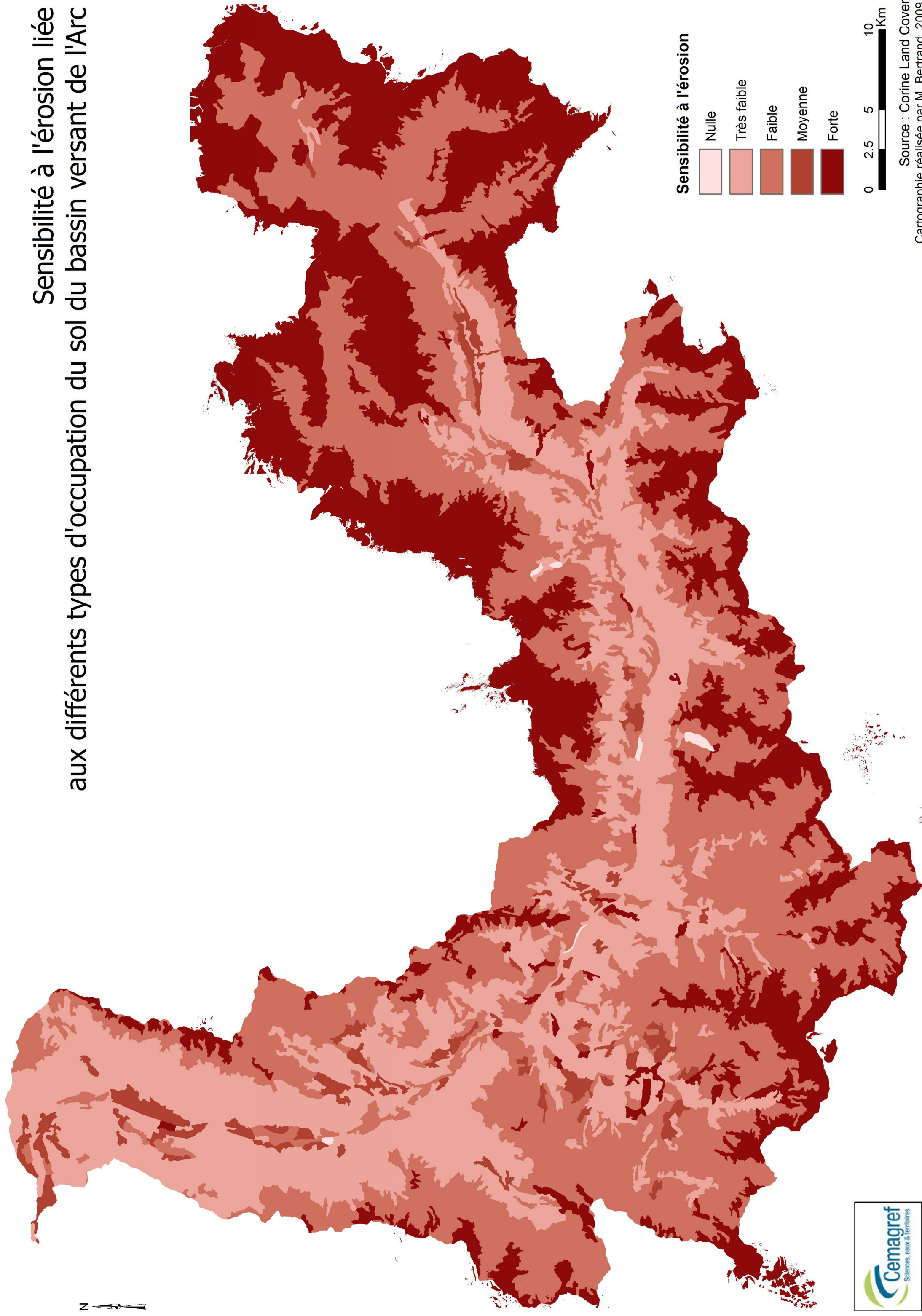
Sensibilité à l'érosion en fonction des lithologies, de la géologie structurale et du degré de métamorphisme



Occupation du sol du bassin versant de l'Arc



Sensibilité à l'érosion liée aux différents types d'occupation du sol du bassin versant de l'Arc



Annexe 20 : Tableau récapitulatif des changements d'occupation du sol entre 1990 et 2006

Type d'occupation du sol		Classe de sensibilité	
en 1990	en 2000	en 1990	en 2000
Forêts de feuillus	Roches nues	1	4
Landes et broussailles	Surfaces essentiellement agricoles ¹	2	3
en 2000	en 2006	en 2000	en 2006
Surfaces essentiellement agricoles ¹	Extraction de matériaux	3	4
Pelouses et pâturages naturels	Roches nues	2	4

Changements de type d'occupation du sol favorables à la production de sédiments

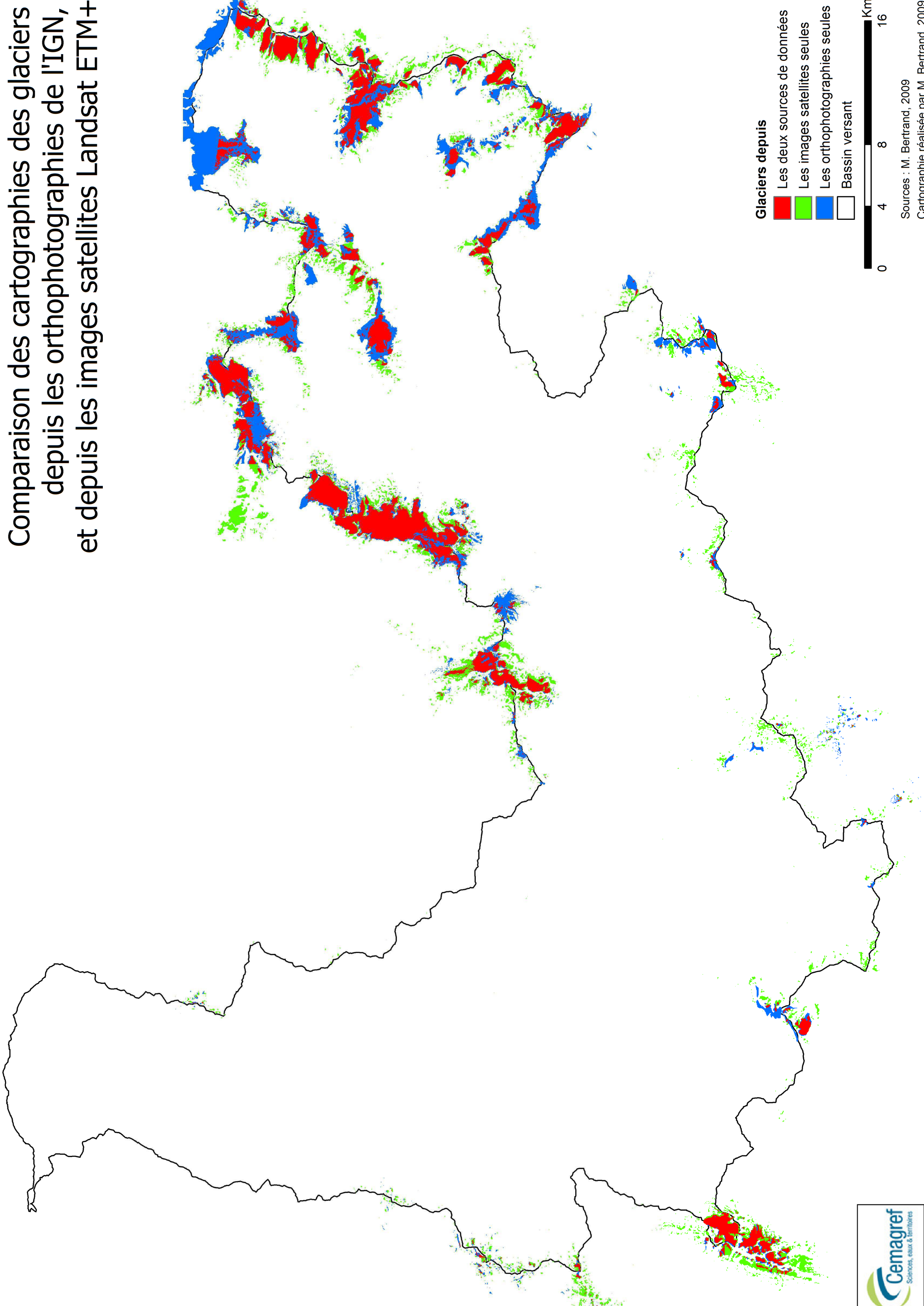
Type d'occupation du sol		Classe de sensibilité	
En 1990	En 2000	En 1990	En 2000
Extraction de matériaux	Terres arables hors périmètres d'irrigation	4	3
Extraction de matériaux	Systèmes culturaux et parcellaires complexes	4	3
Extraction de matériaux	Plans d'eau	4	0
Chantier	Réseaux routier et ferroviaire ²	4	1
Chantier	Forêts de feuillus	4	1
Terres arables hors périmètres d'irrigation	Tissu urbain discontinu	3	1
Terres arables hors périmètres d'irrigation	Zones industrielles ou commerciales	3	1
Prairies	Zones industrielles ou commerciales	2	1
Systèmes culturaux et parcellaires complexes	Tissu urbain discontinu	3	1
Surfaces essentiellement agricoles ¹	Tissu urbain discontinu	3	1
Surfaces essentiellement agricoles ¹	Zones industrielles ou commerciales	3	1
Surfaces essentiellement agricoles ¹	Réseaux routier et ferroviaire ²	3	1
Pelouses et pâturages naturels	Tissu urbain discontinu	2	1
Landes et broussailles	Tissu urbain discontinu	2	1
Landes et broussailles	Zones industrielles ou commerciales	2	1
Forêt et végétation arbustive en mutation	Zones industrielles ou commerciales	2	1
Forêt et végétation arbustive en mutation	Forêts de conifères	2	1
En 2000	En 2006	En 2000	En 2006
Prairies	Tissu urbain discontinu	2	1
Prairies	Zones industrielles ou commerciales	2	1
Systèmes culturaux et parcellaires complexes	Tissu urbain discontinu	3	1
Plages, dunes et sable	Equipements sportifs et de loisir	2	1

Changements de type d'occupation du sol protégeant de l'érosion

¹ interrompues par des espaces naturels

² et espaces associés

Comparaison des cartographies des glaciers depuis les orthophotographies de l'IGN, et depuis les images satellites Landsat ETM+



Sources : M. Bertrand, 2009
Cartographie réalisée par M. Bertrand, 2009

Annexe 22 Tableaux : Cumuls annuels moyennés sur l'ensemble du bassin versant de l'Arc (bd Gottardi et bd SAFRAN)

Cumuls annuels moyennés sur l'ensemble du bassin versant de l'Arc (Base de données F. Gottardi)

Années	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964
Moyenne	1072.397	1495.0844	1578.437	1100.6654	1241.9331	1626.0188	1437.1561	1763.2289	1362.2487	1414.8223	1454.5209	1025.0455
Années	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
Moyenne	1685.2004	1401.89	1047.8003	1725.9094	1270.4594	1584.6039	1335.4117	1345.1097	1273.748	1447.8033	1328.3029	1400.9991
Années	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Moyenne	1894.3472	1810.1404	1653.1212	1450.8046	2071.822	1369.3534	1457.6693	1416.9788	1258.1576	1607.6521	1477.995	1449.4705
Années	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Moyenne	857.2859	1486.9796	1266.02	1648.83	1459.1353	1475.571	1615.1555	1496.1575	1086.9017	1170.607	1655.6208	1511.0083
Années	2001	2002	2003	2004	2005							
Moyenne	1467.2042	1612.4792	1068.6632	1182.4366	1035.4323							

Moyenne annuelle en mm

Cumul moyen interannuel en mm : 1423.2414

Ecart-type cumul moyen interannuel : 237.0584

Cumuls annuels moyennés sur l'ensemble du bassin versant de l'Arc (Base de données SAFRAN)

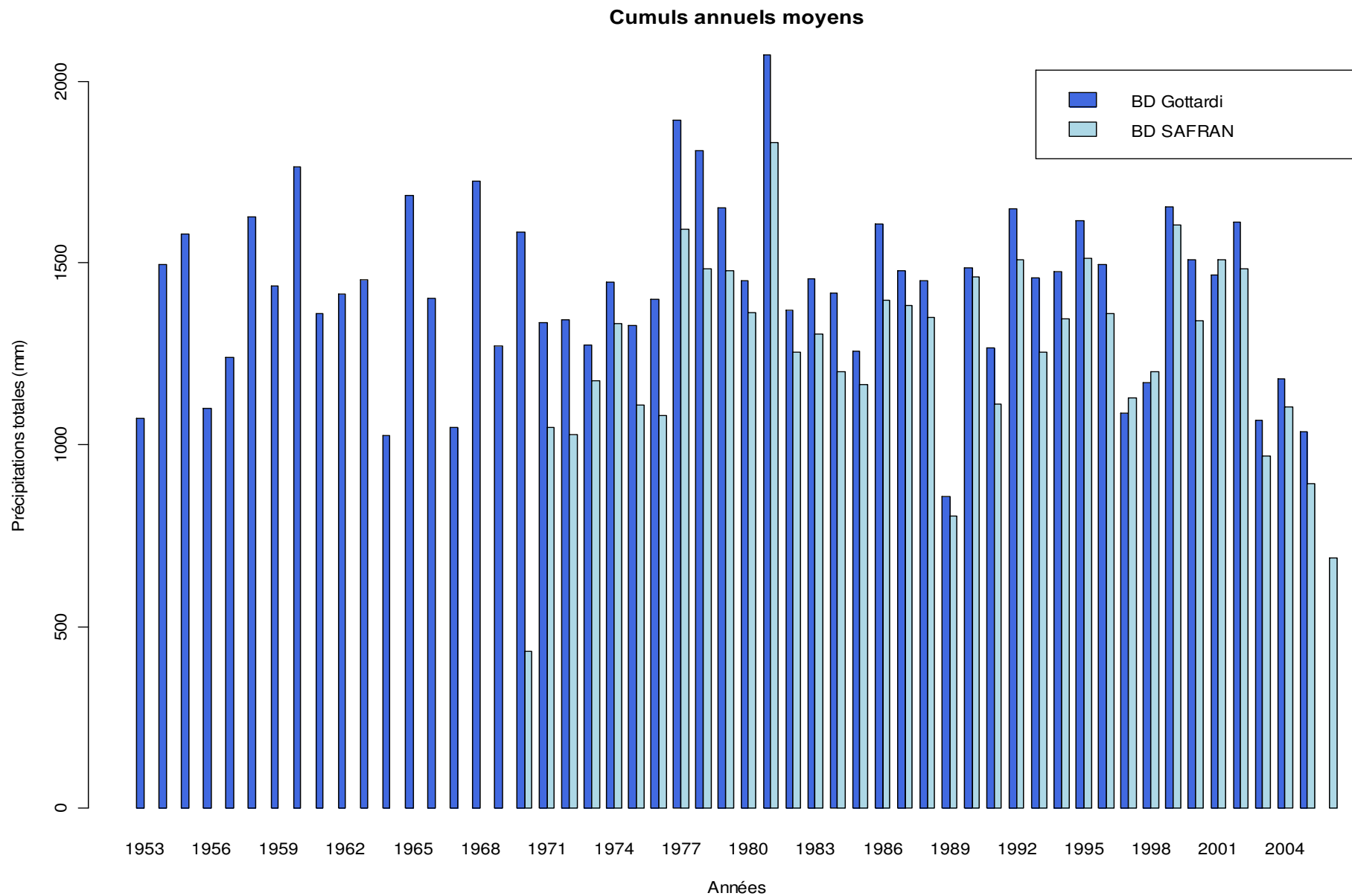
Années	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	
Moyenne	432.93917	1047.10728	1029.1041	1177.67457	1334.01242	1108.79411	1080.47858	1592.42836	1485.50813	1479.32143	1364.36402	1832.26811	
Années	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	
Moyenne	1253.8506	1305.36347	1202.3298	1166.62719	1397.92875	1384.42279	1349.10411	805.096604	1461.87791	1111.60687	1508.42842	1255.539	
Années	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Moyenne	1347.497	1511.8424	1361.79281	1129.1143	1202.15851	1604.71551	1342.95419	1508.68096	1485.77475	968.512774	1102.43768	893.79083	690.237981

Moyenne annuelle en mm

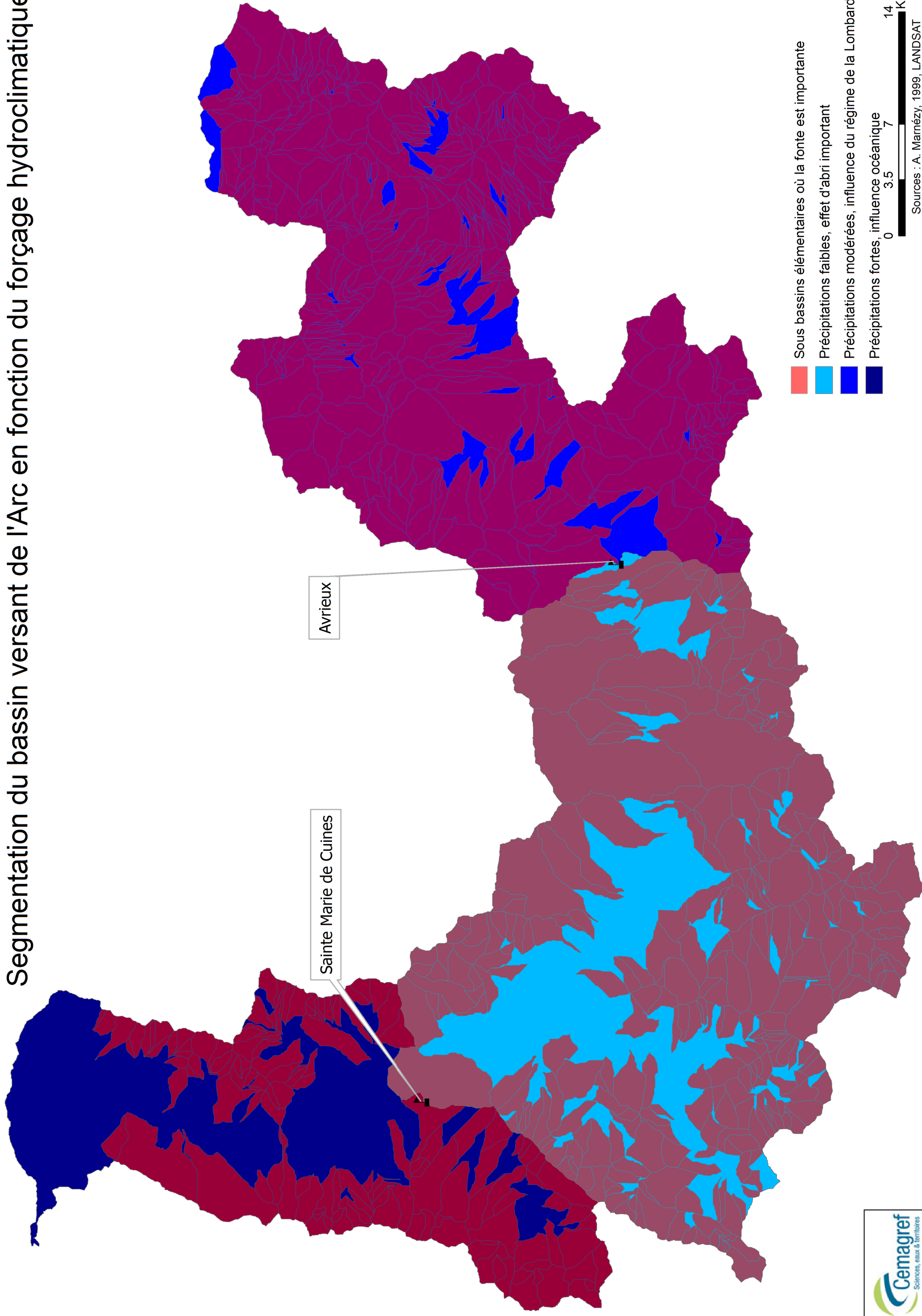
Cumul moyen interannuel en mm : 1251.77529

Ecart-type cumul moyen interannuel : 273.474

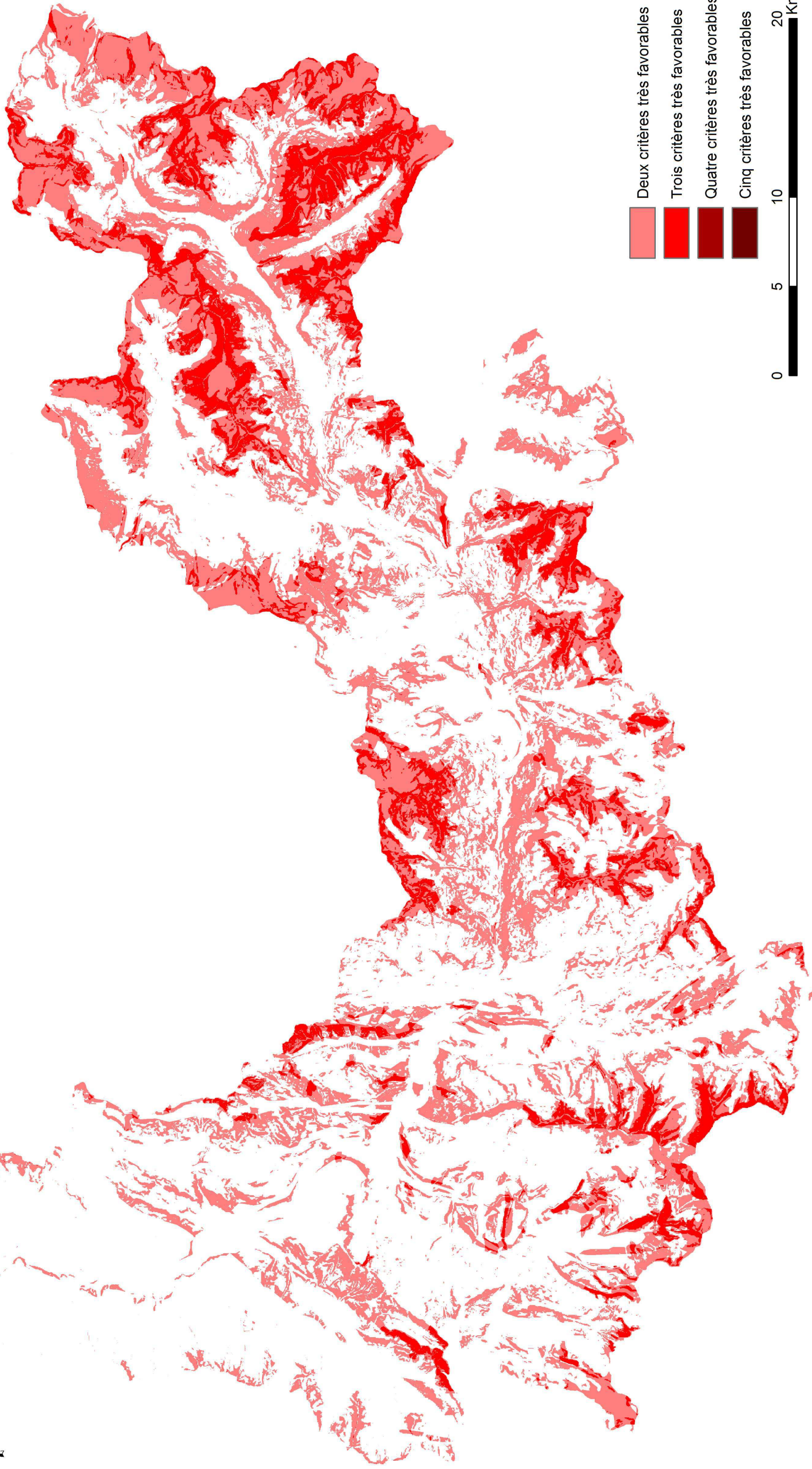
Annexe 23 : Histogramme : Cumuls annuels moyennés sur l'ensemble du bassin versant de l'Arc (bd Gottardi et bd SAFRAN)



Segmentation du bassin versant de l'Arc en fonction du forçage hydroclimatique



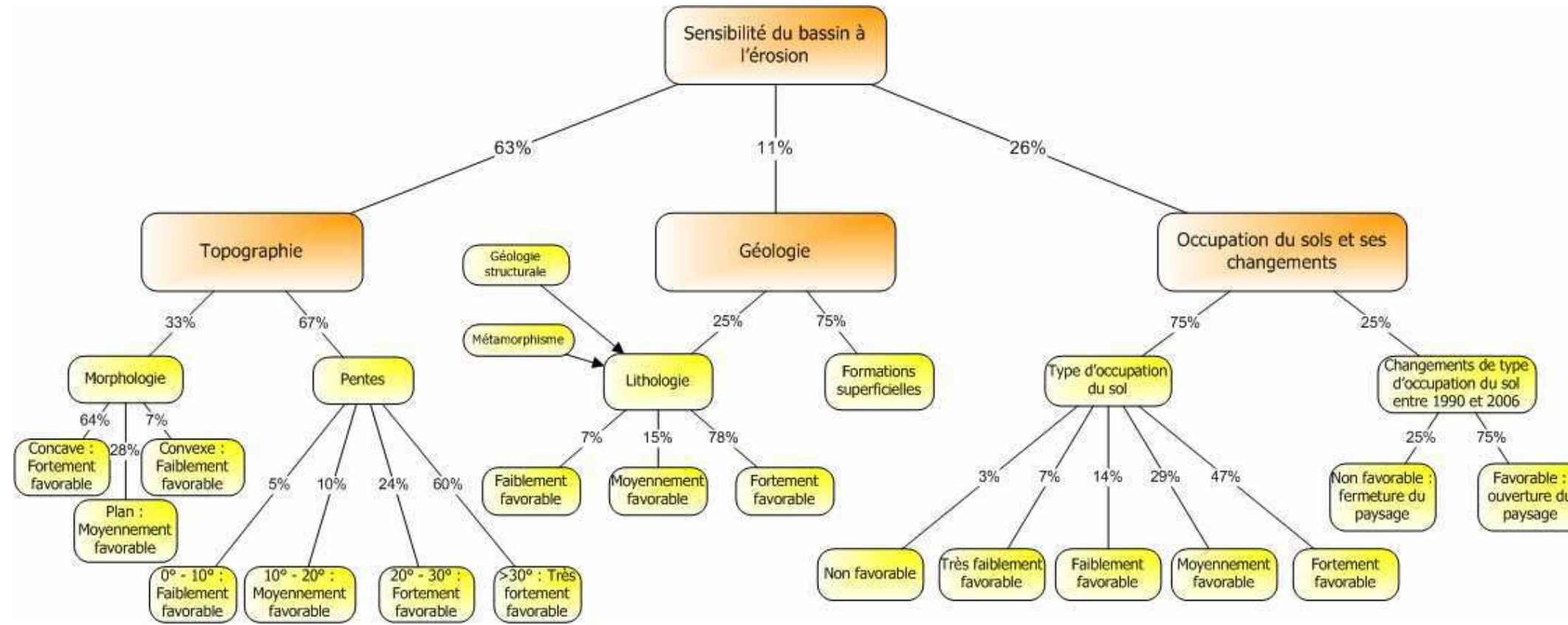
Comparaison de la localisation des classes les plus favorables à l'érosion pour chaque critère



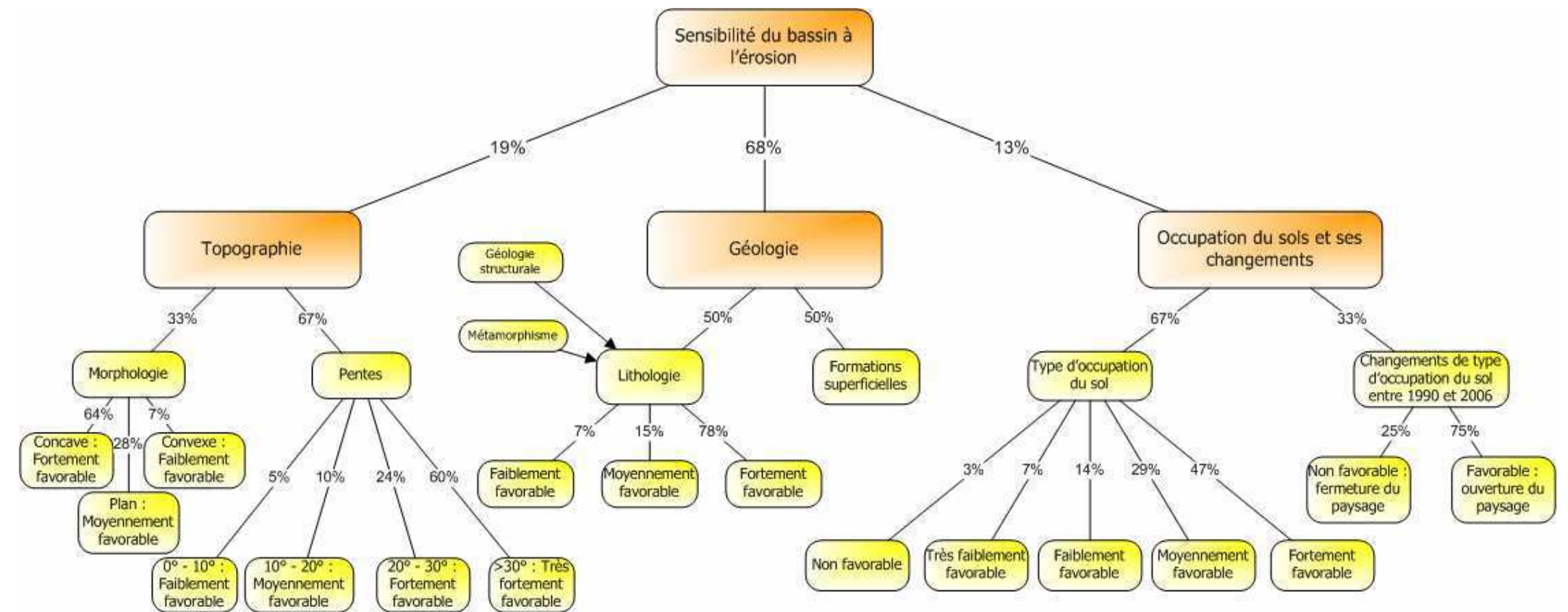
- Deux critères très favorables
- Trois critères très favorables
- Quatre critères très favorables
- Cinq critères très favorables



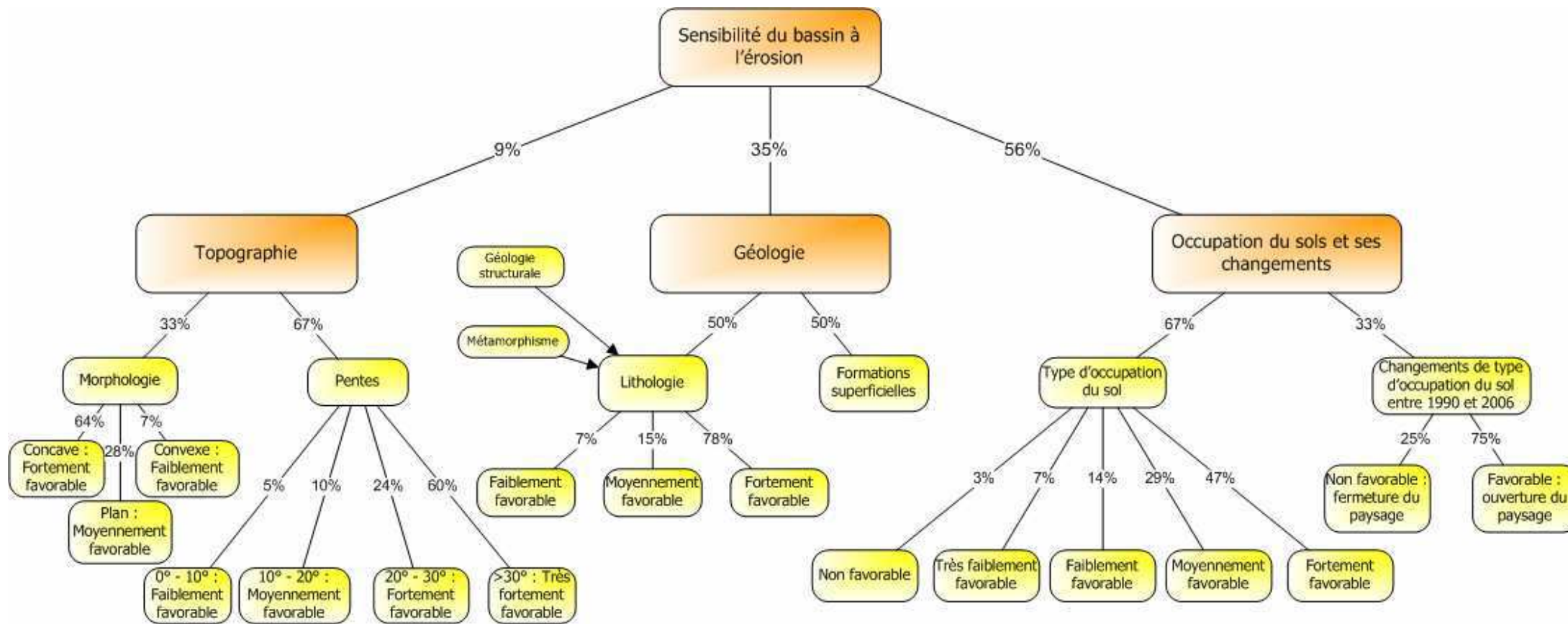
Annexe 25 : Arbres de pondération pour les tests 1 à 4



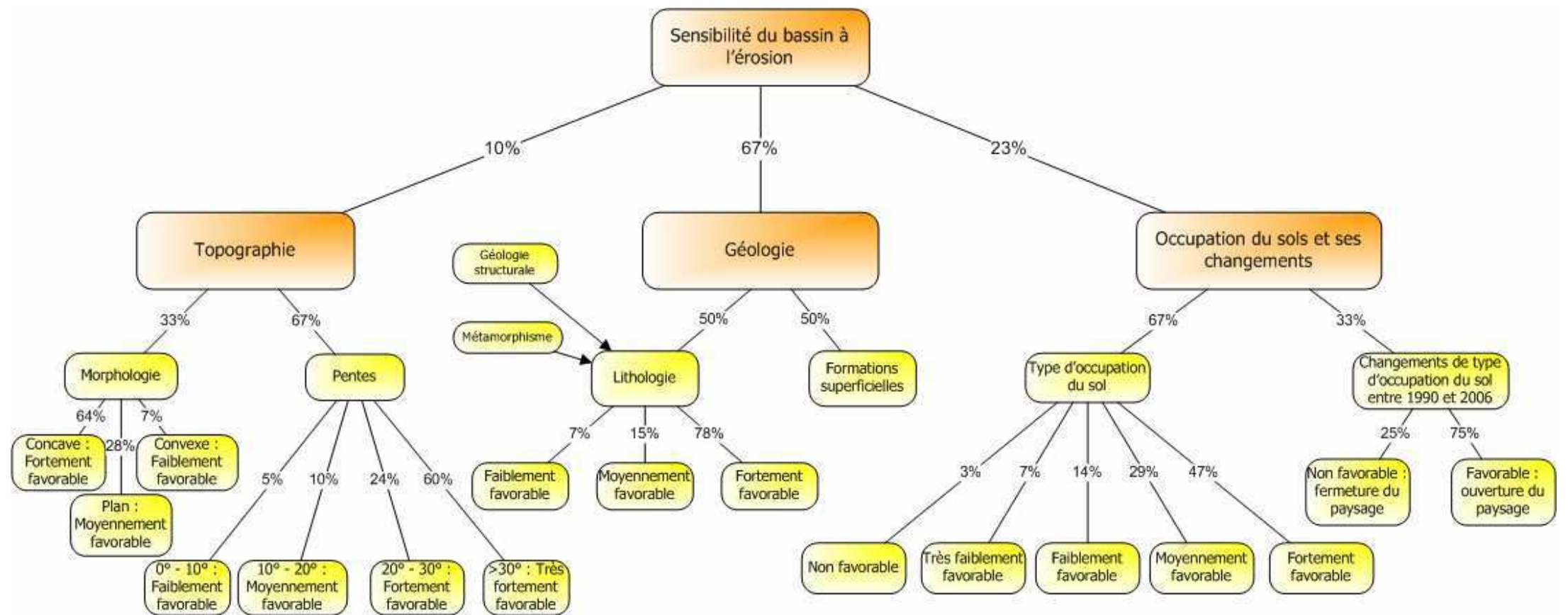
Arbre de pondération des critères du test 1



Arbre de pondération des critères du test 2



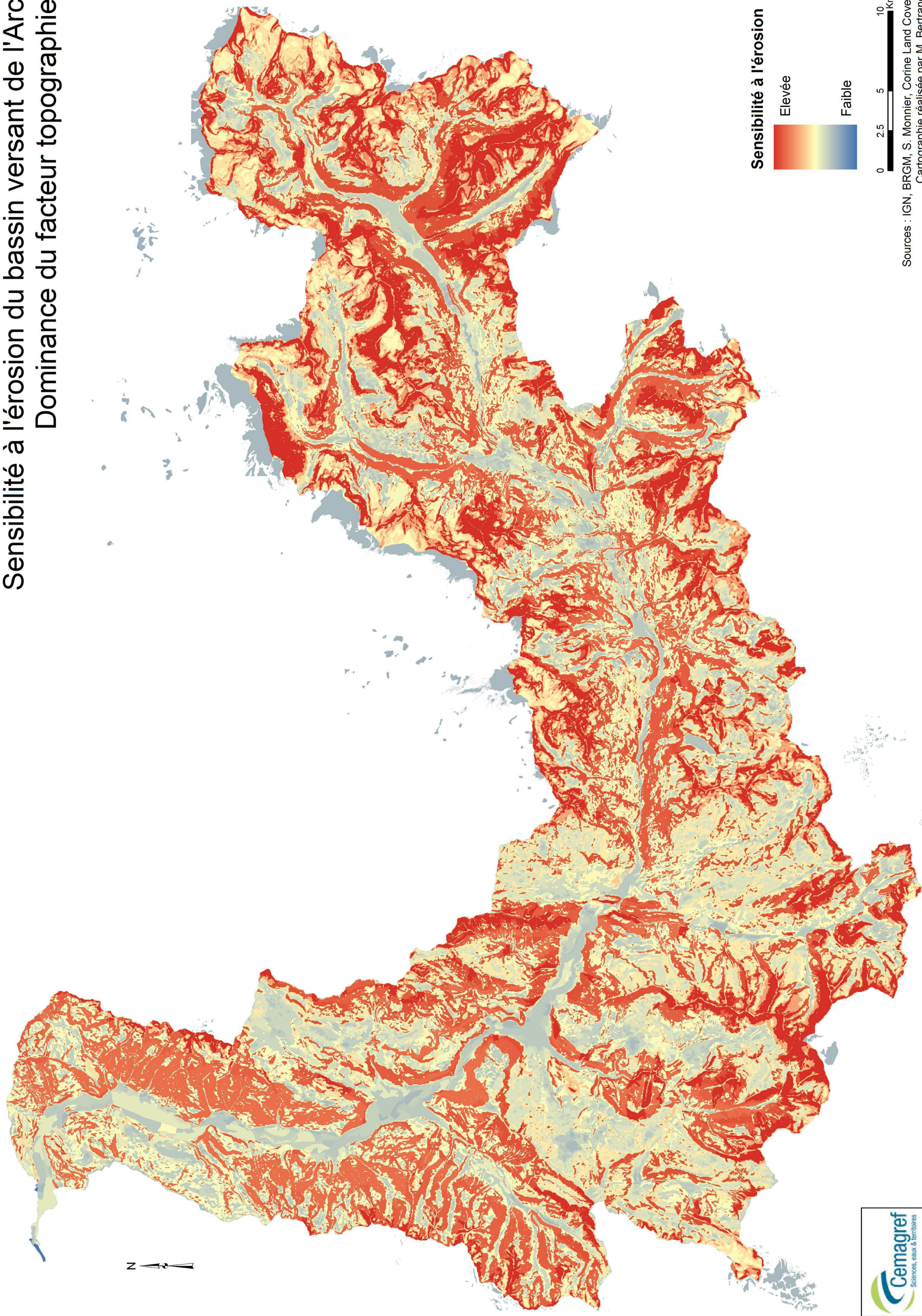
Arbre de pondération des critères du test 3



Arbre de pondération des critères du test 4

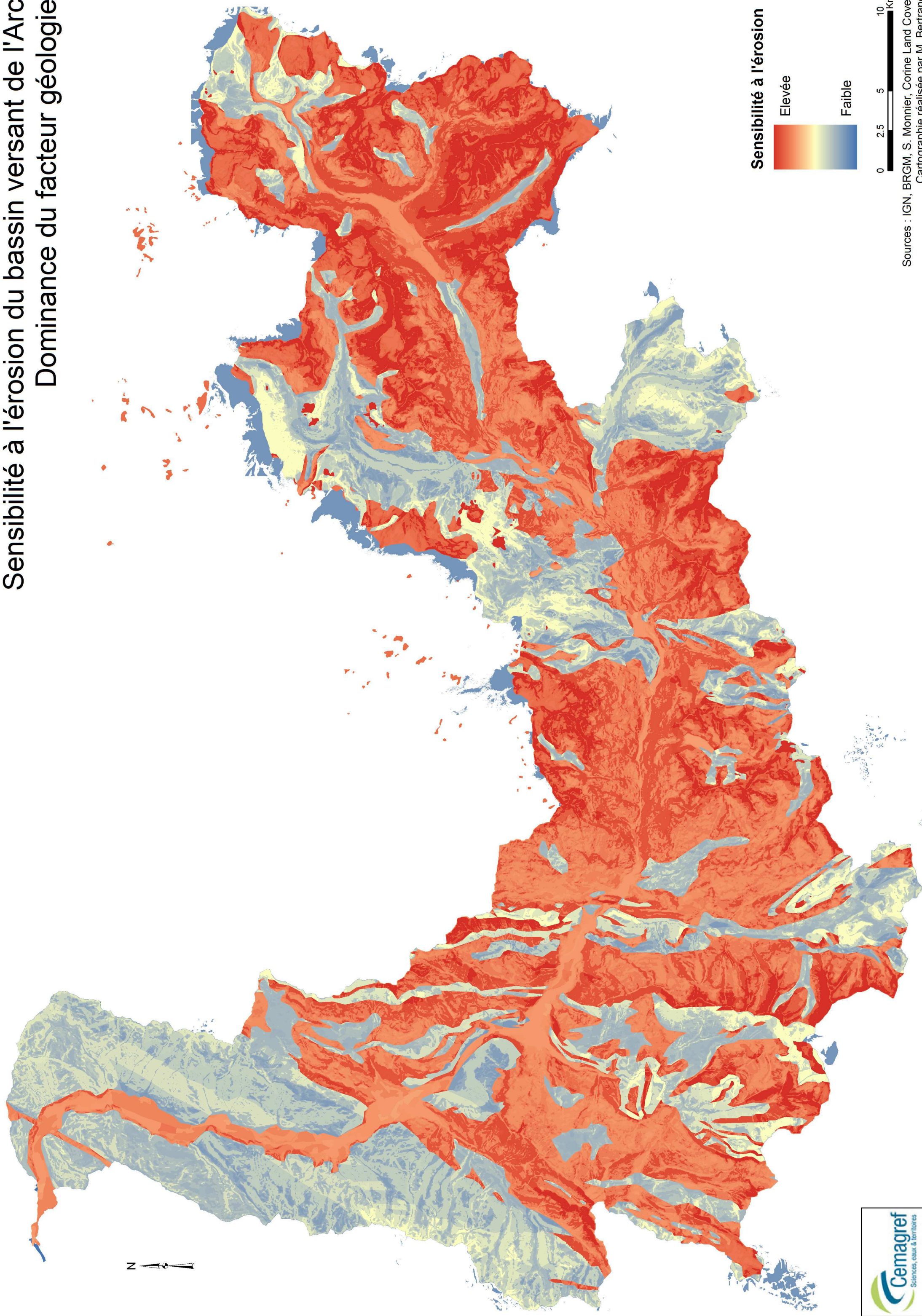
Sensibilité à l'érosion du bassin versant de l'Arc

Dominance du facteur topographie



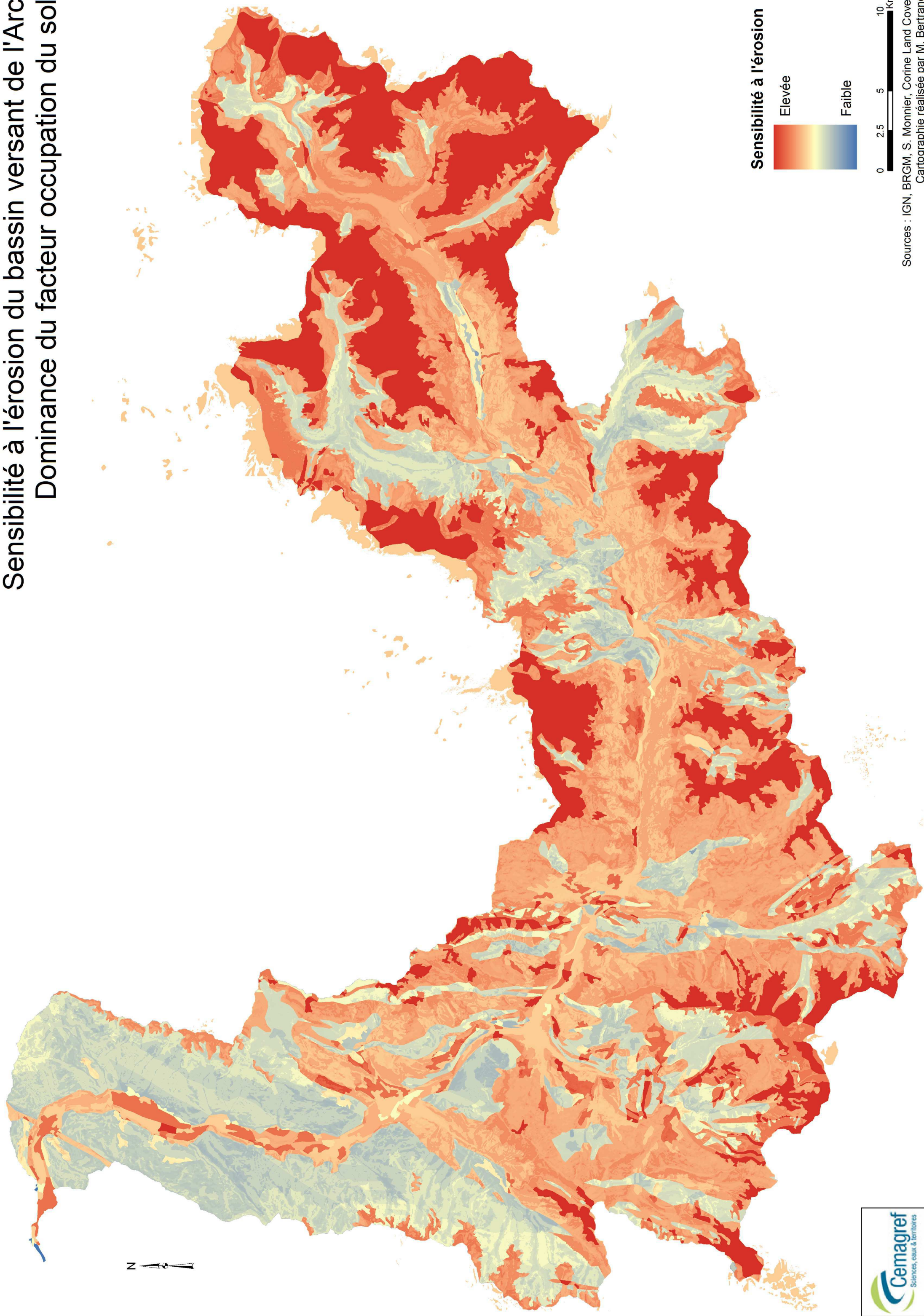
Sensibilité à l'érosion du bassin versant de l'Arc

Dominance du facteur géologie

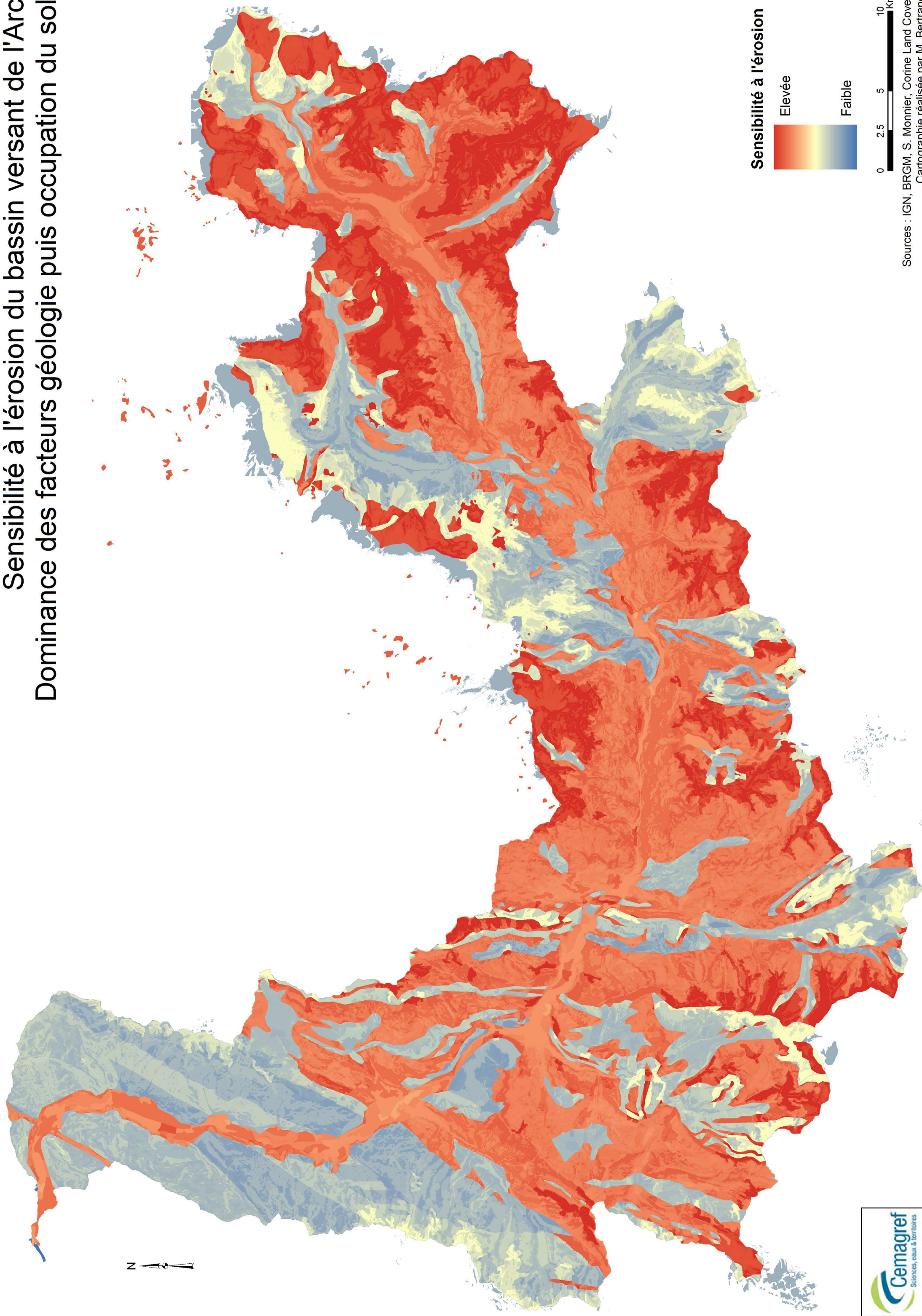


Sensibilité à l'érosion du bassin versant de l'Arc

Dominance du facteur occupation du sol

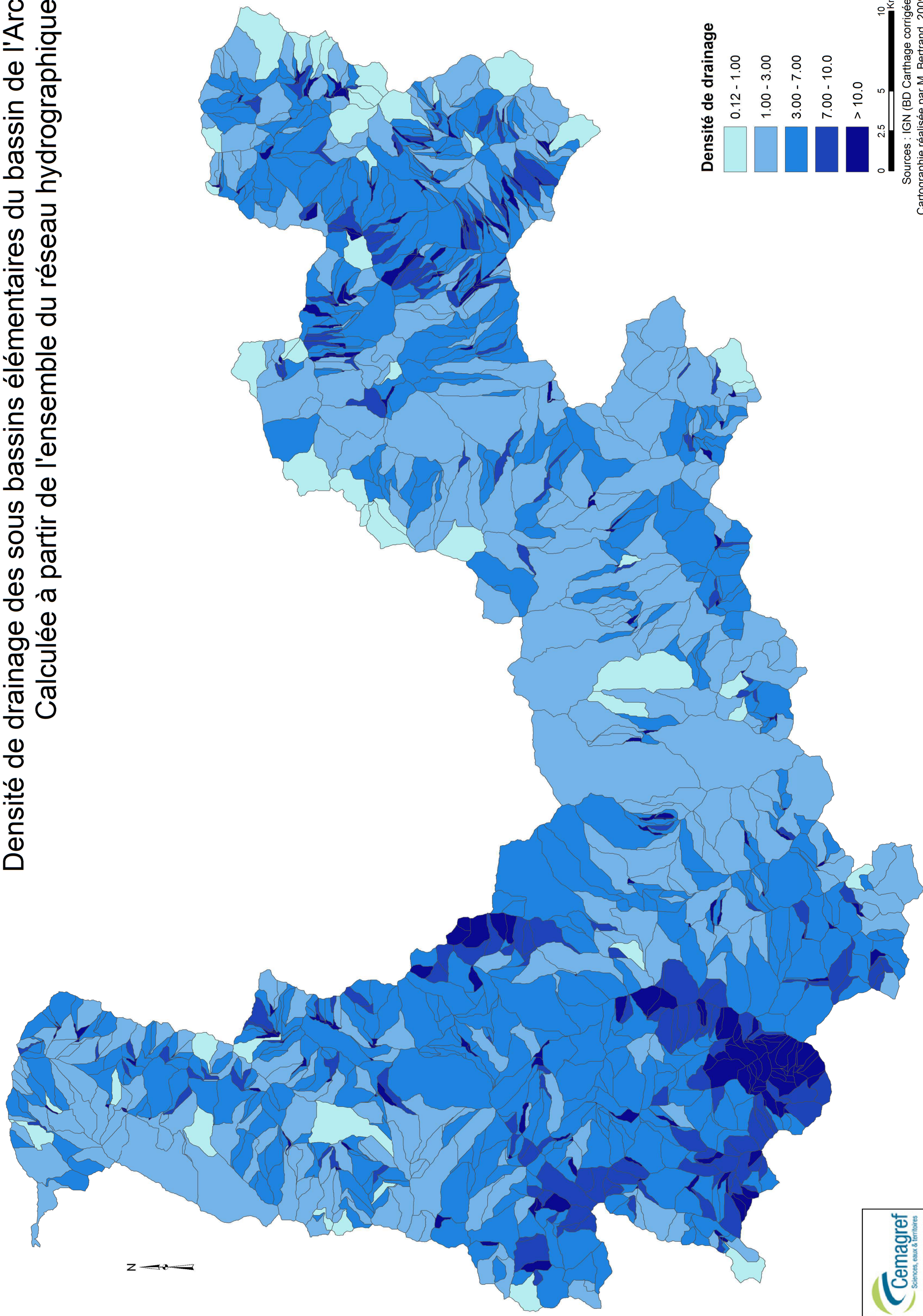


Sensibilité à l'érosion du bassin versant de l'Arc Dominance des facteurs géologie puis occupation du sol

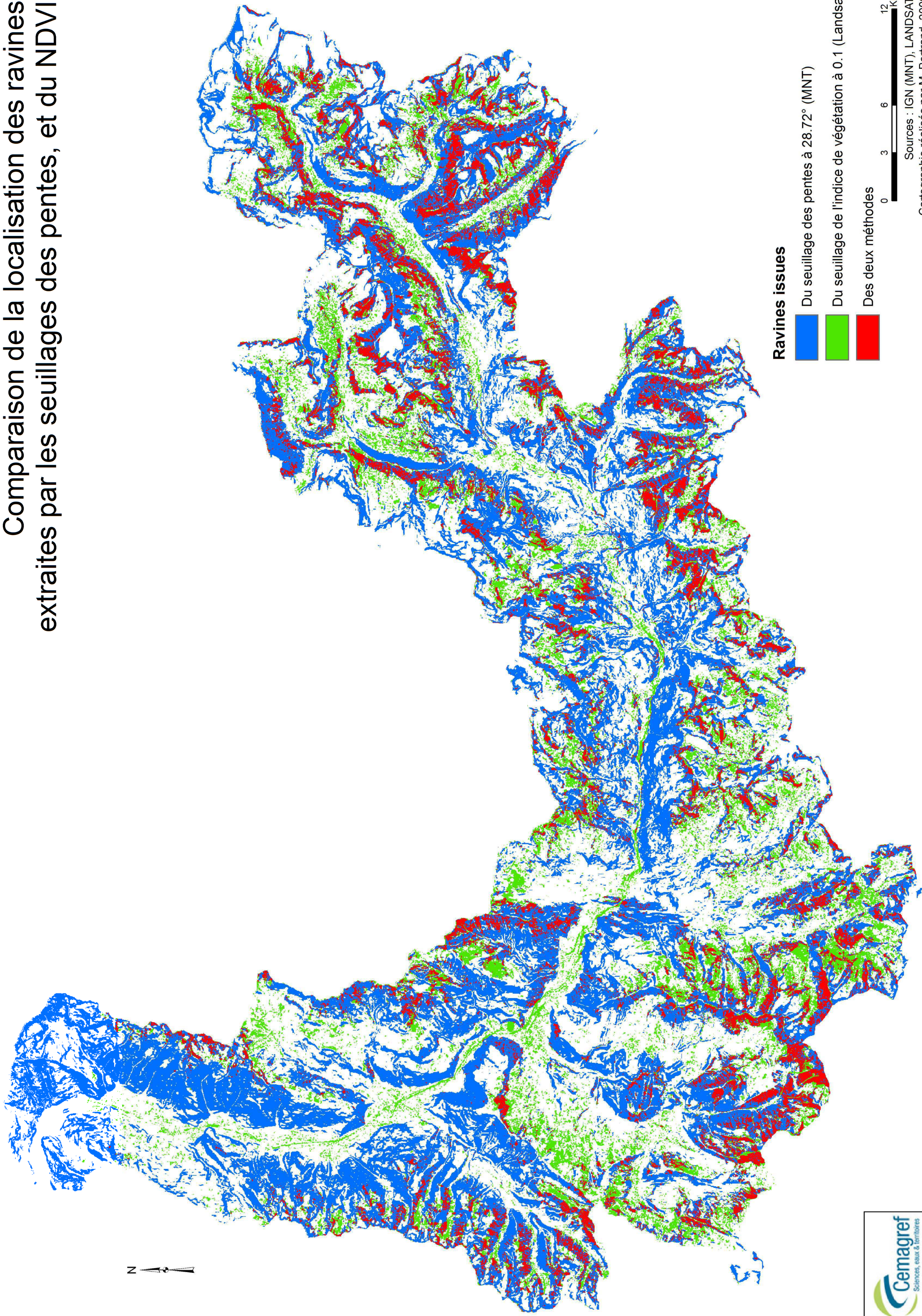


Densité de drainage des sous bassins élémentaires du bassin de l'Arc

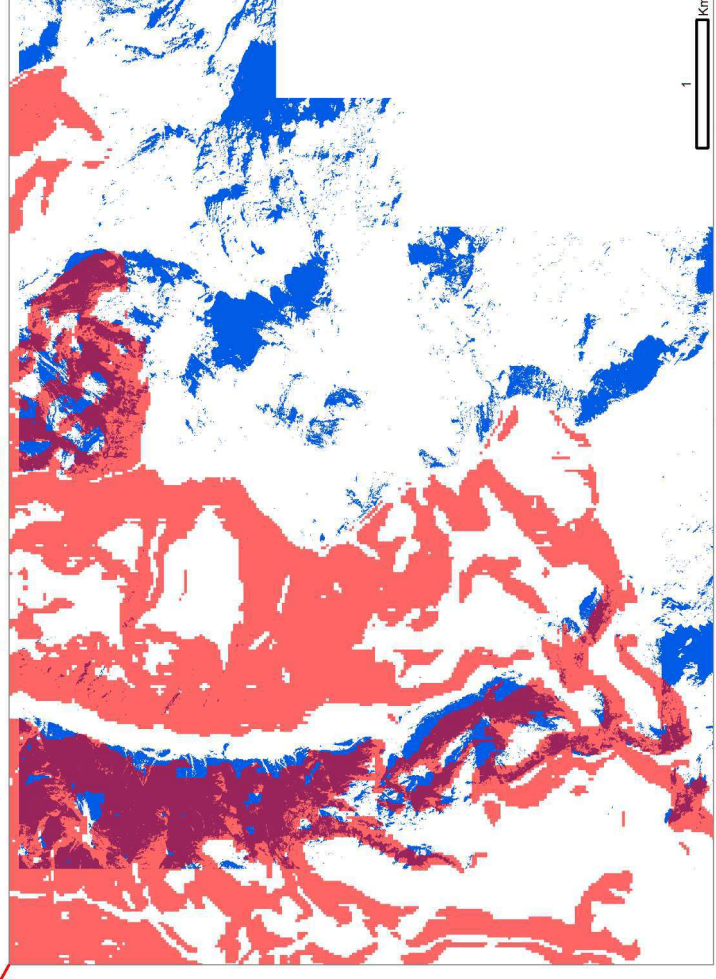
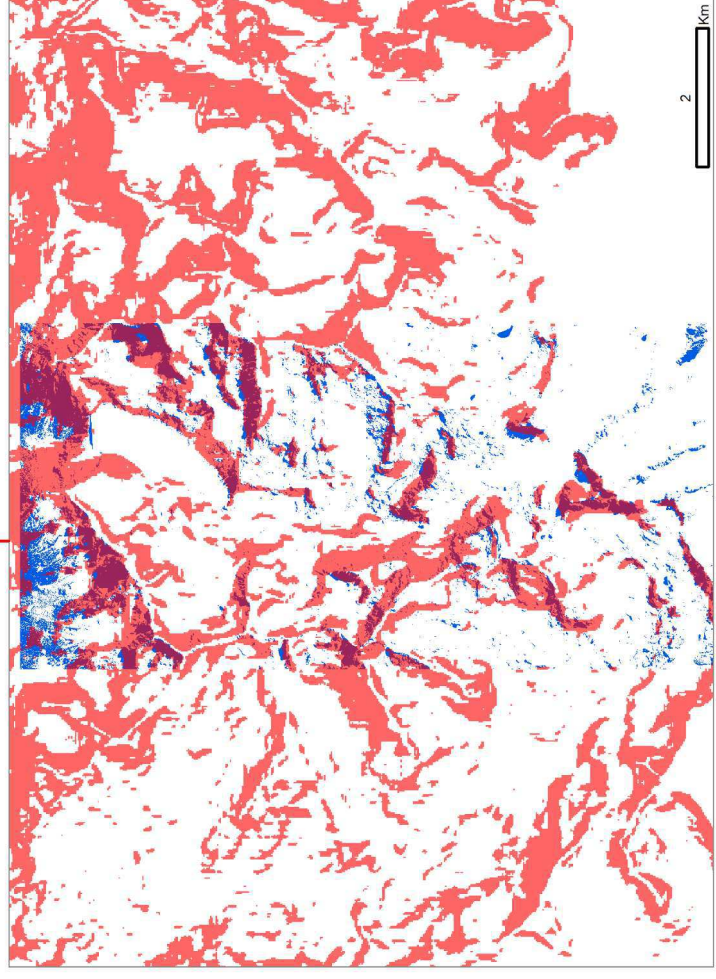
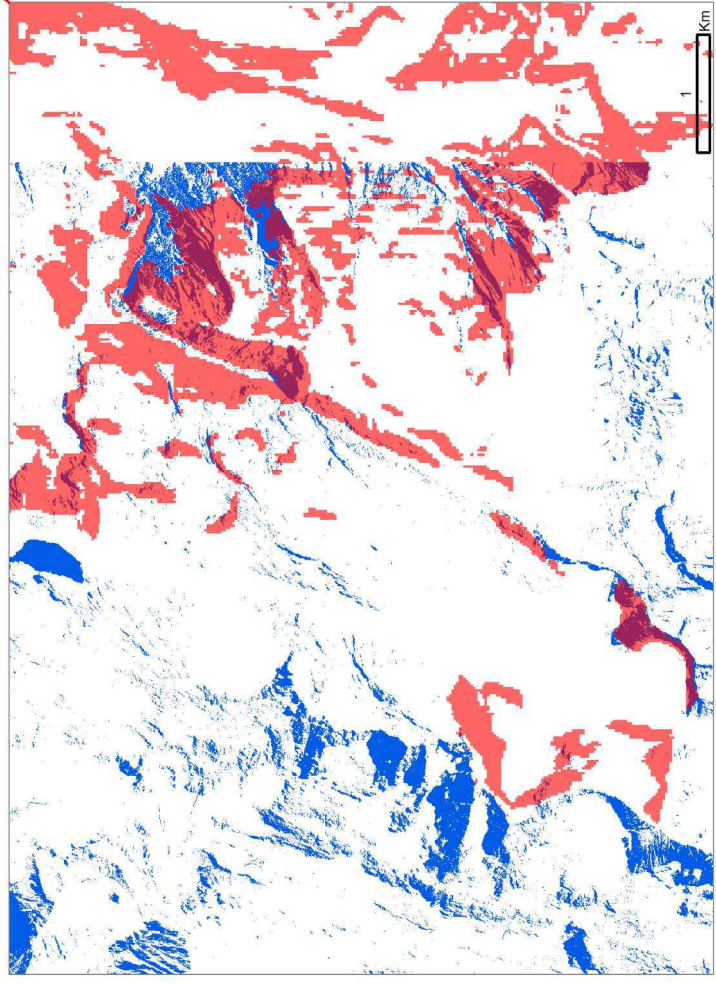
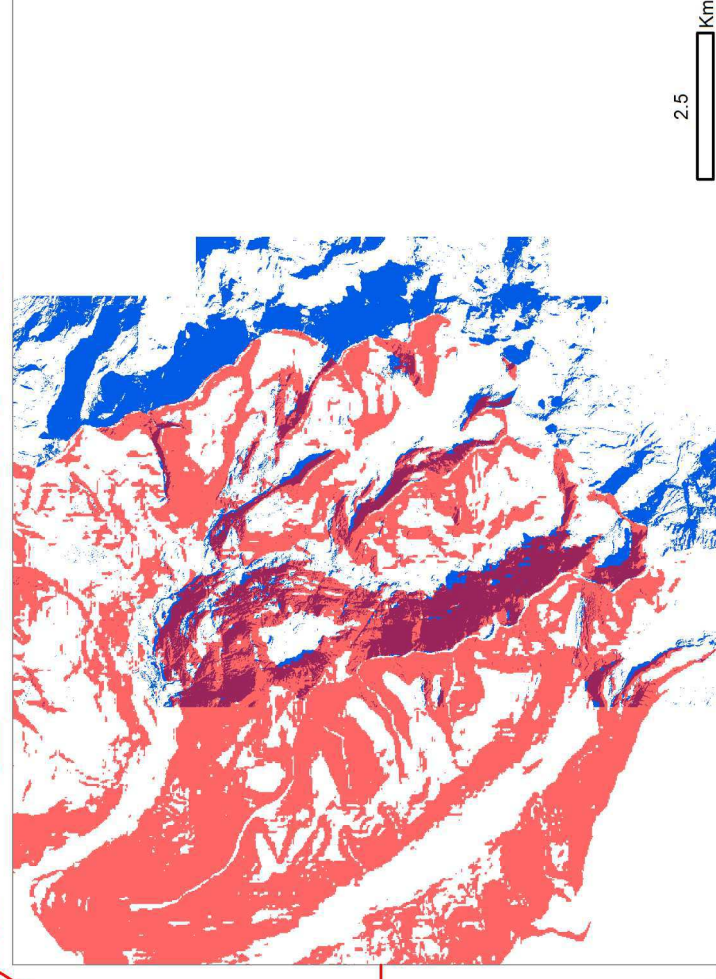
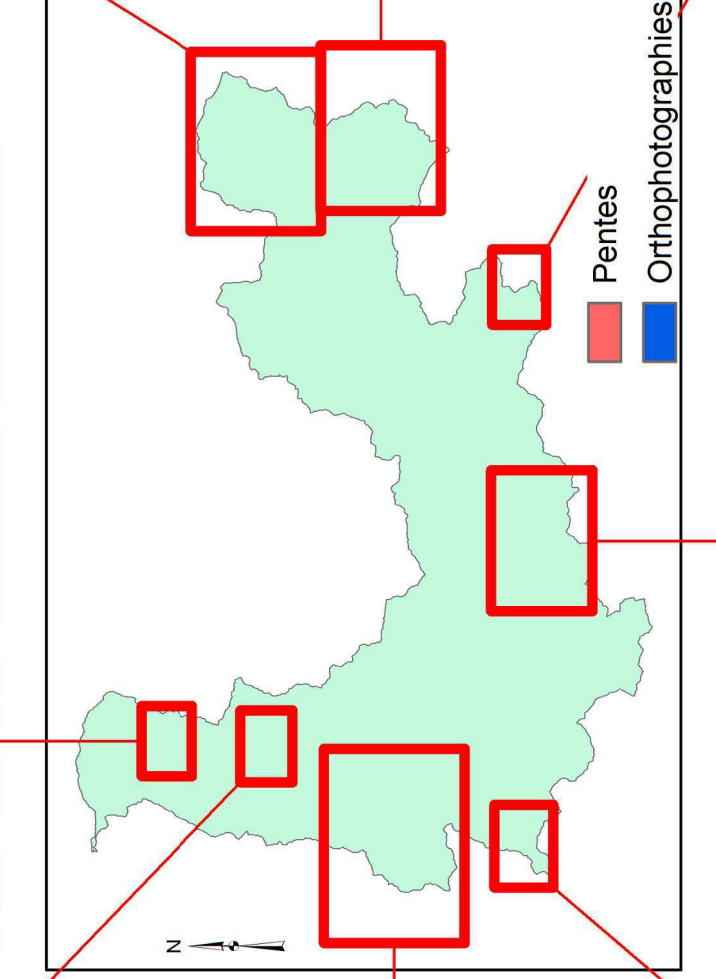
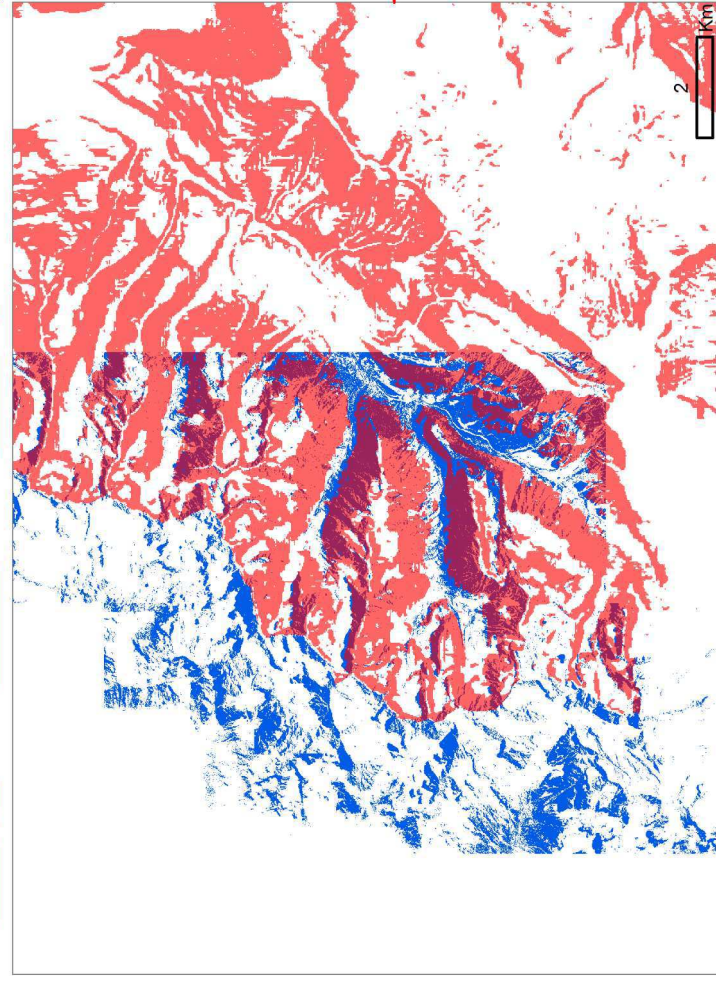
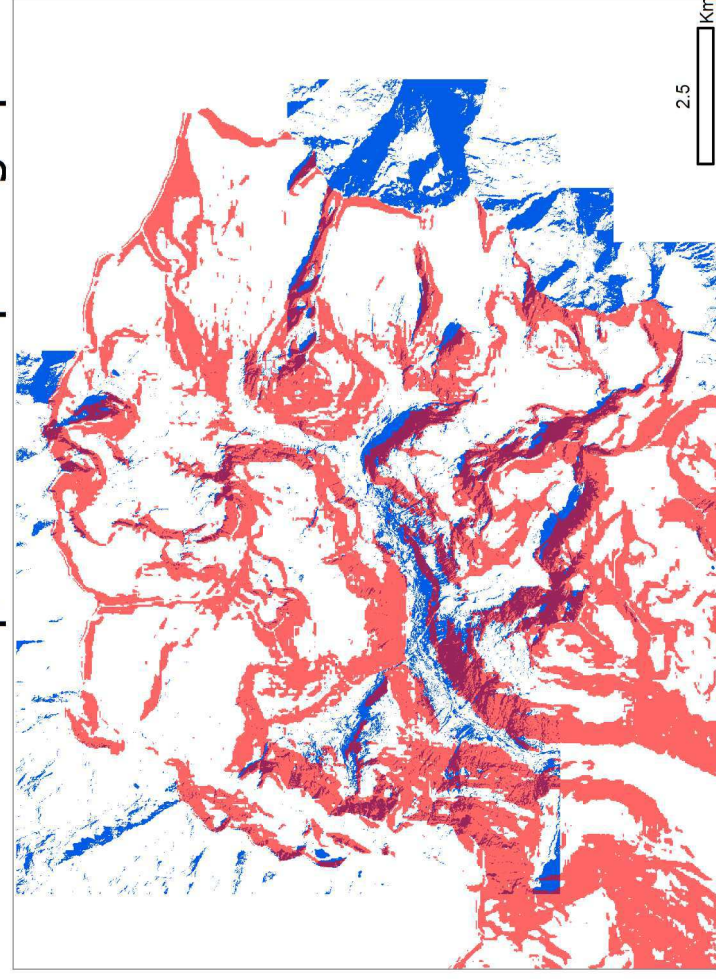
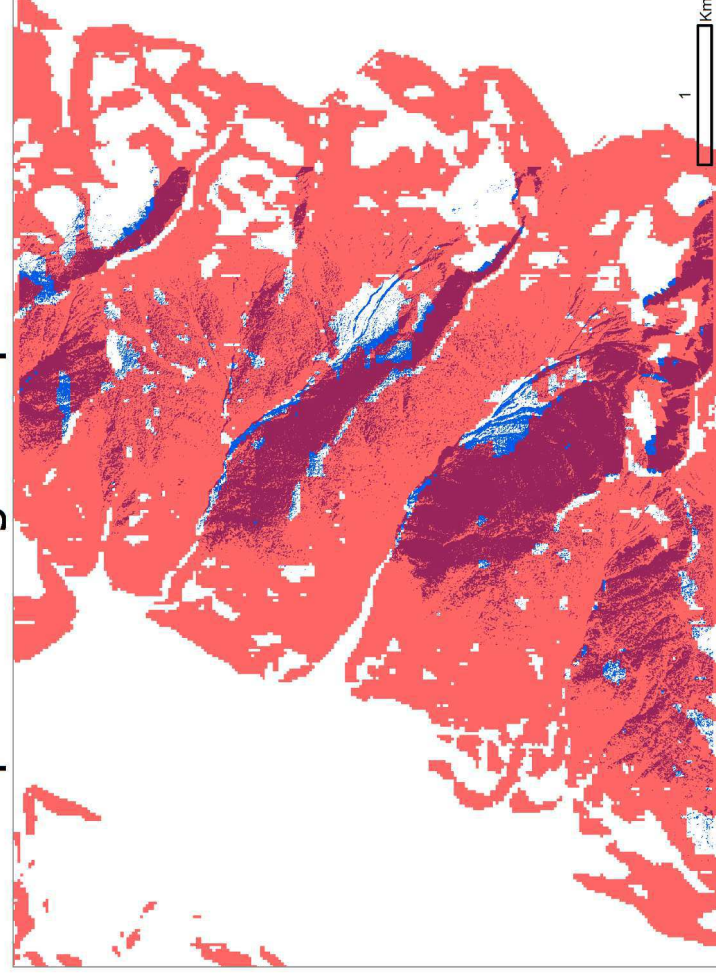
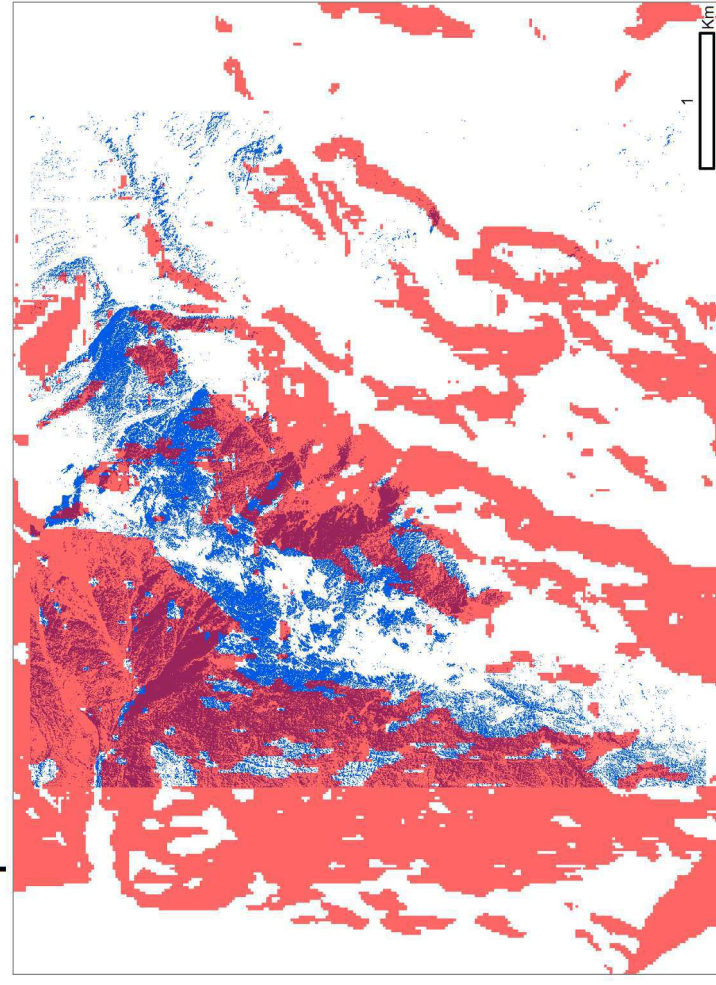
Calculée à partir de l'ensemble du réseau hydrographique



Comparaison de la localisation des ravines extraites par les seuillages des pentes, et du NDVI



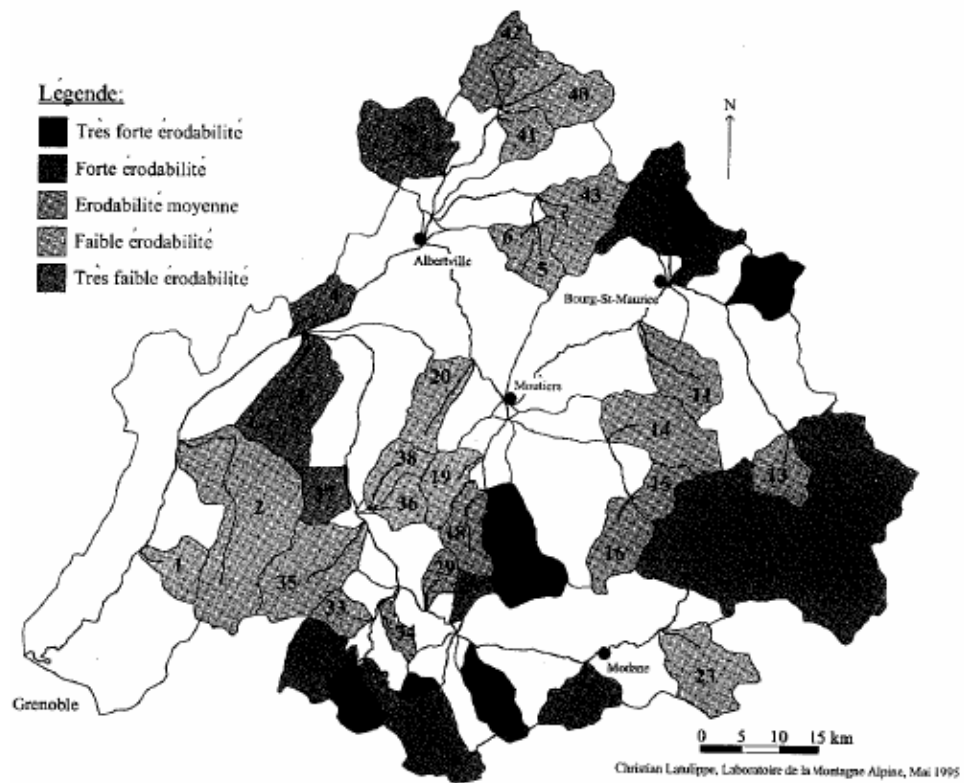
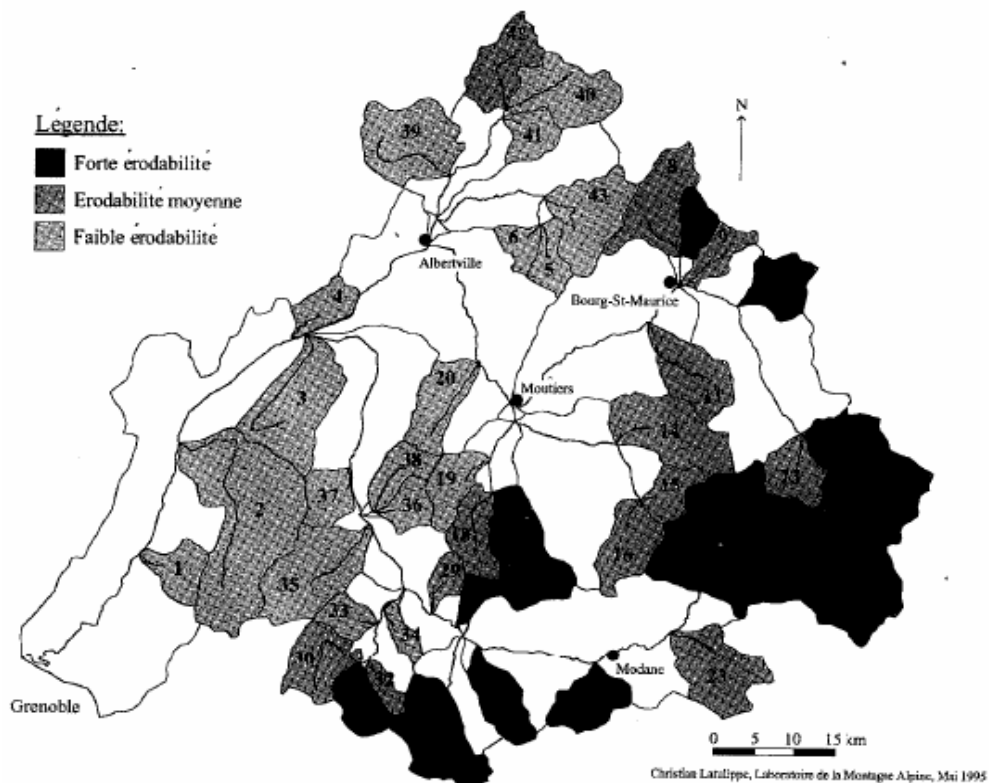
Comparaison de la localisation des ravines, extraites par seuillage des pentes et classification des orthophotographies des orthophotographies



Annexe 34 : Cartes de l'érodabilité du bassin versant de l'Arc réalisées par A. Marnézy (1999) et C. Latulippe (1995)

Erodabilité des bassins-versants d'ordre 4 sur le bassin-versant de l'Isère en amont de Grenoble

Erodabilité des bassins-versants d'ordre 4 sur le bassin-versant de l'Isère en amont de Grenoble



Hiérarchisation à partir d'une classification ascendante hiérarchique d'une analyse factorielle des correspondances de données provenant de la superposition des sols nus et de la géologie (très favorable et favorable à la production sédimentaire)

Hiérarchisation à partir d'une classification des variables pondérées provenant de la superposition des zones de sols nus et de la géologie (très favorable et favorable) et de deux paramètres morphométriques (densité de drainage et indice de relief).

Cartes de l'érodabilité du bassin versant de l'Arc réalisées par C. Latulippe (1995)

TABLEAU 1.12: Erodabilité des bassins-versants d'ordre 4 selon les deux hiérarchisations

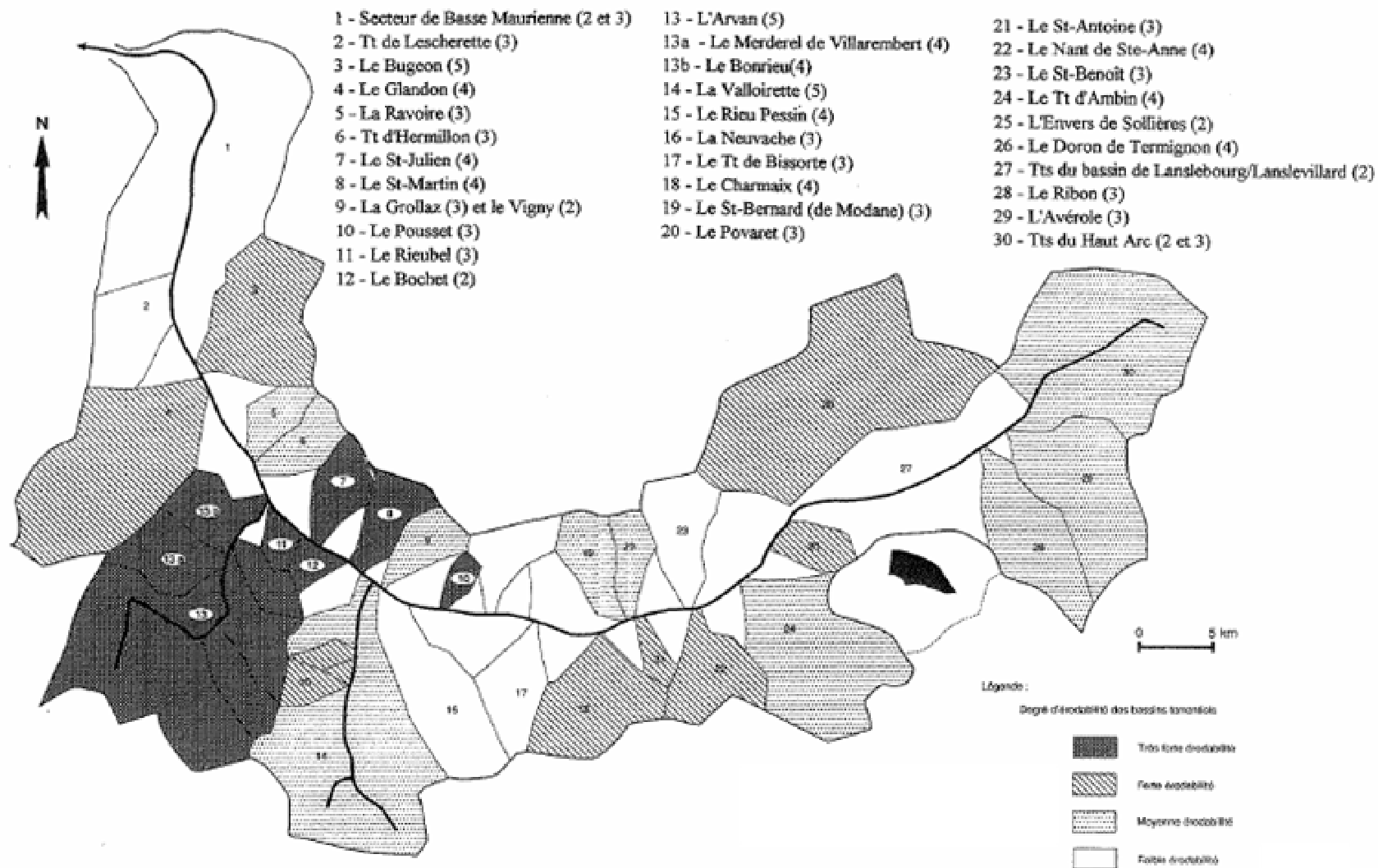
Code	Bassins-versant d'ordre 4	Hicrarchisation selon l'AFIC	Hicrarchisation par pondération des variables
1	Rau de Merdaret	Faible érodabilité	Faible érodabilité
2	Le Breda Rau	Faible érodabilité	Faible érodabilité
3	Le Gelon Rau	Faible érodabilité	Très faible érodabilité
4	La Hialle Rau	Faible érodabilité	Très faible érodabilité
5	Tnt de Poncellamont	Faible érodabilité	Faible érodabilité
6	Argentine Tnt (S)	Faible érodabilité	Faible érodabilité
7	Le Versoyen (S)	Forte érodabilité	Très forte érodabilité
8	Tnt des Glaciers	Erodabilité moyenne	Forte érodabilité
9	Tnt du Reclus	Erodabilité moyenne	Forte érodabilité
10	Tnt de la Sassièrre	Forte érodabilité	Très forte érodabilité
11	Tnt du Ponturin	Erodabilité moyenne	Erodabilité moyenne
12	L'Isère R. (S)	Forte érodabilité	Forte érodabilité
13	Rau de Charvet	Erodabilité moyenne	Erodabilité moyenne
14	Doron de Champagny	Erodabilité moyenne	Erodabilité moyenne
15	Doron de Prolognan (S)	Erodabilité moyenne	Erodabilité moyenne
16	Doron de Chavière	Erodabilité moyenne	Erodabilité moyenne
17	Rau de Belleville	Forte érodabilité	Très forte érodabilité
18	Rau des Encombres	Erodabilité moyenne	Erodabilité moyenne
19	Le Nant Brun	Faible érodabilité	Faible érodabilité
20	Tnt d'Eau Rousse	Faible érodabilité	Faible érodabilité
21	L'Arc R. (S)	Forte érodabilité	Forte érodabilité
22	Rau du Doron (S)	Forte érodabilité	Forte érodabilité
23	Rau d'Arbin	Erodabilité moyenne	Faible érodabilité
24	Rau des Herbièrs	Forte érodabilité	Forte érodabilité
25	La Nouvache Tnt	Forte érodabilité	Très forte érodabilité
26	La Valloirette Tnt	Forte érodabilité	Forte érodabilité
27	Aff de la Valloirette (RG)	Forte érodabilité	Très forte érodabilité
28	Le St-Martin Tnt	Forte érodabilité	Forte érodabilité
29	Rau de St-Julien	Erodabilité moyenne	Erodabilité moyenne
30	L'Arvette Tnt	Erodabilité moyenne	Forte érodabilité
31	Tnt de Valfroide	Forte érodabilité	Très forte érodabilité
32	Rau de Pradin	Erodabilité moyenne	Forte érodabilité
33	Tnt de Merderel	Faible érodabilité	Faible érodabilité
34	Rau de Merderel	Faible érodabilité	Erodabilité moyenne
35	Le Glandon Tnt	Faible érodabilité	Faible érodabilité
36	La Settaz Rau	Faible érodabilité	Faible érodabilité
37	Tnt de la Lescherette	Faible érodabilité	Très faible érodabilité
38	Le Bugeon Tnt	Faible érodabilité	Faible érodabilité
39	La Chaise Tnt	Faible érodabilité	Très faible érodabilité
40	L'Arly Tnt (S)	Faible érodabilité	Faible érodabilité
41	Le Nant Rouge Tnt	Faible érodabilité	Faible érodabilité
42	L'Arrodine Tnt	Erodabilité moyenne	Erodabilité moyenne
43	Le Doron Tnt (S)	Faible érodabilité	Faible érodabilité

Degrés d'érodabilité des bassins versants de l'Arc, C. Latulippe (1995)¹

¹ Tableau récapitulatif des degrés d'érodabilité de chaque sous bassin, permettant la lecture des cartes de mauvaise qualité, qui ne permettent pas de dissocier les couleurs de chaque degré d'érodabilité.

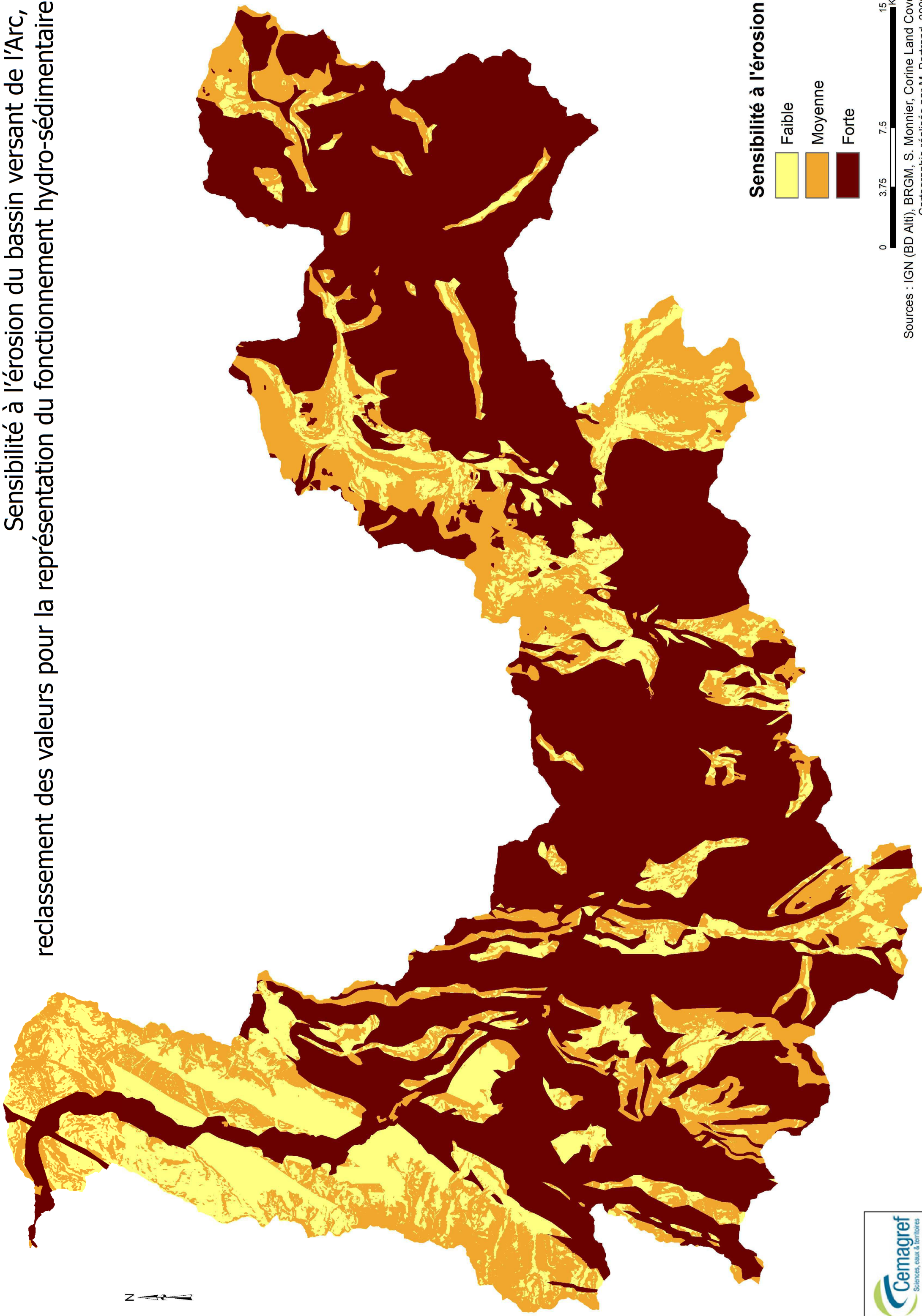
La fourniture des MES : carte des bassins versants torrentiels selon leur degré d'érodabilité.

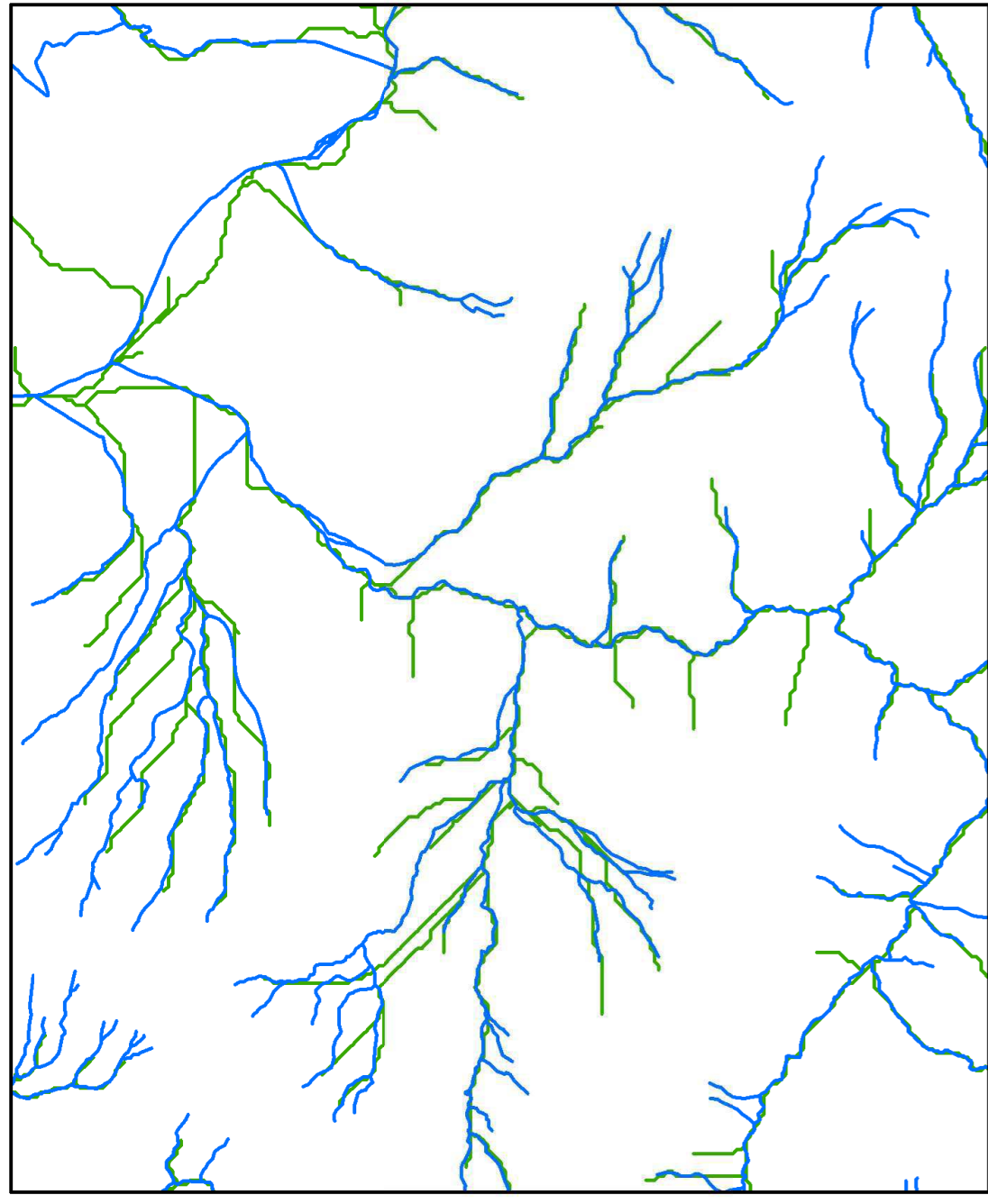
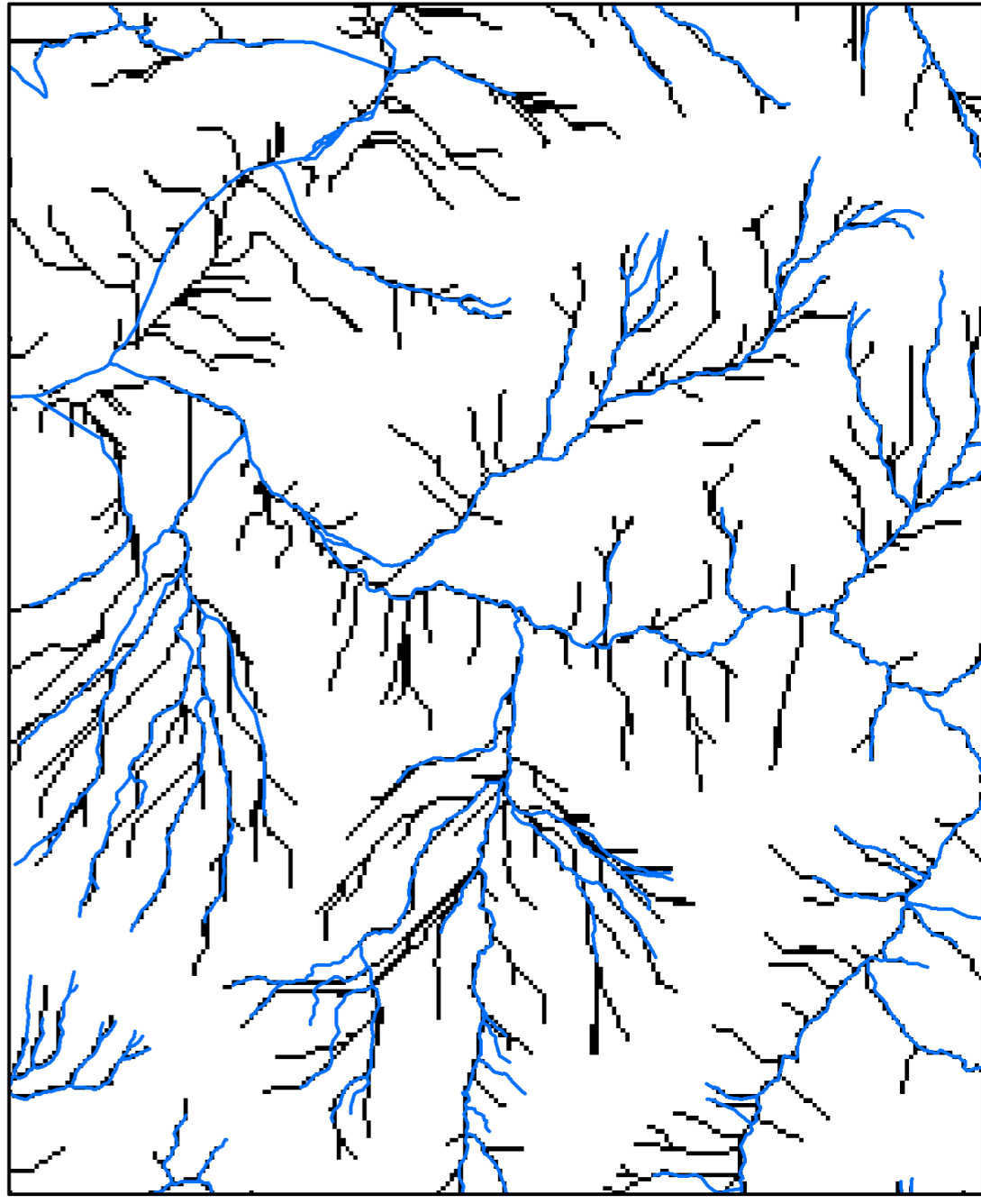
Liste des torrents (le chiffre entre parenthèses indique le rang selon l'ordination de Strahler)



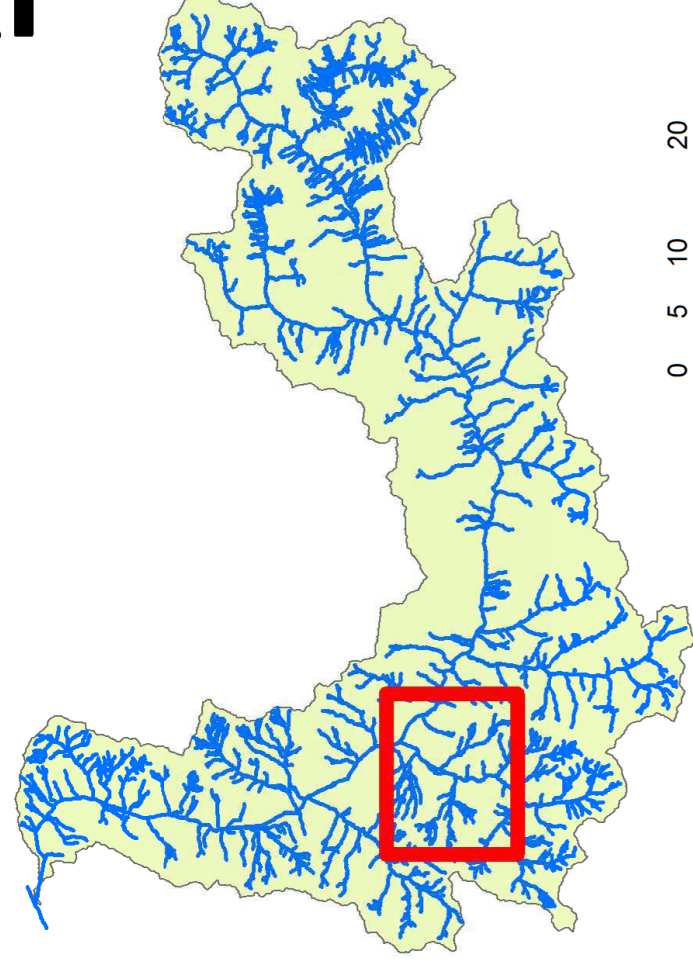
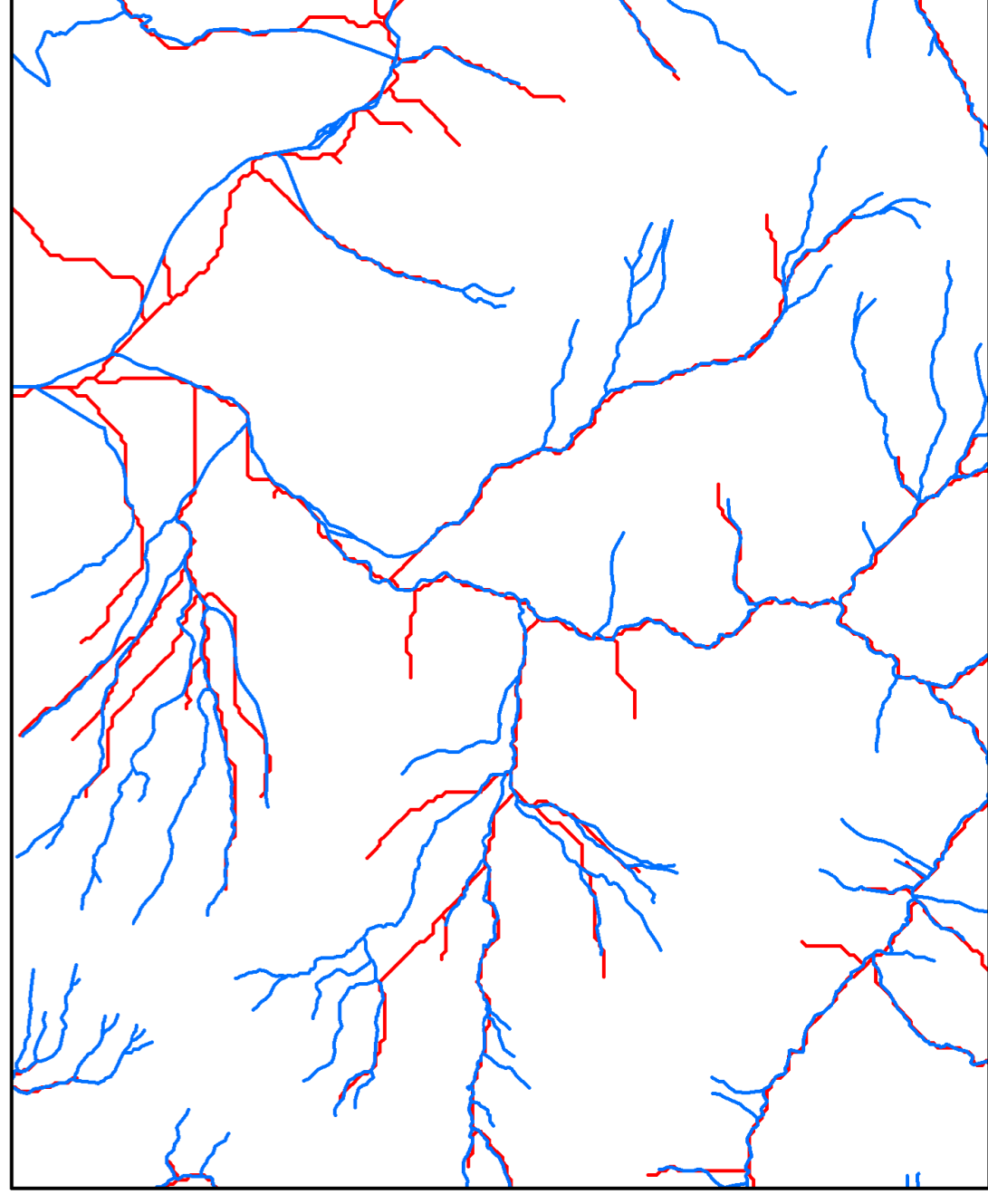
Carte de l'érodabilité du bassin versant de l'Arc réalisées par A. Marnézy (1999)

Sensibilité à l'érosion du bassin versant de l'Arc, reclassement des valeurs pour la représentation du fonctionnement hydro-sédimentaire





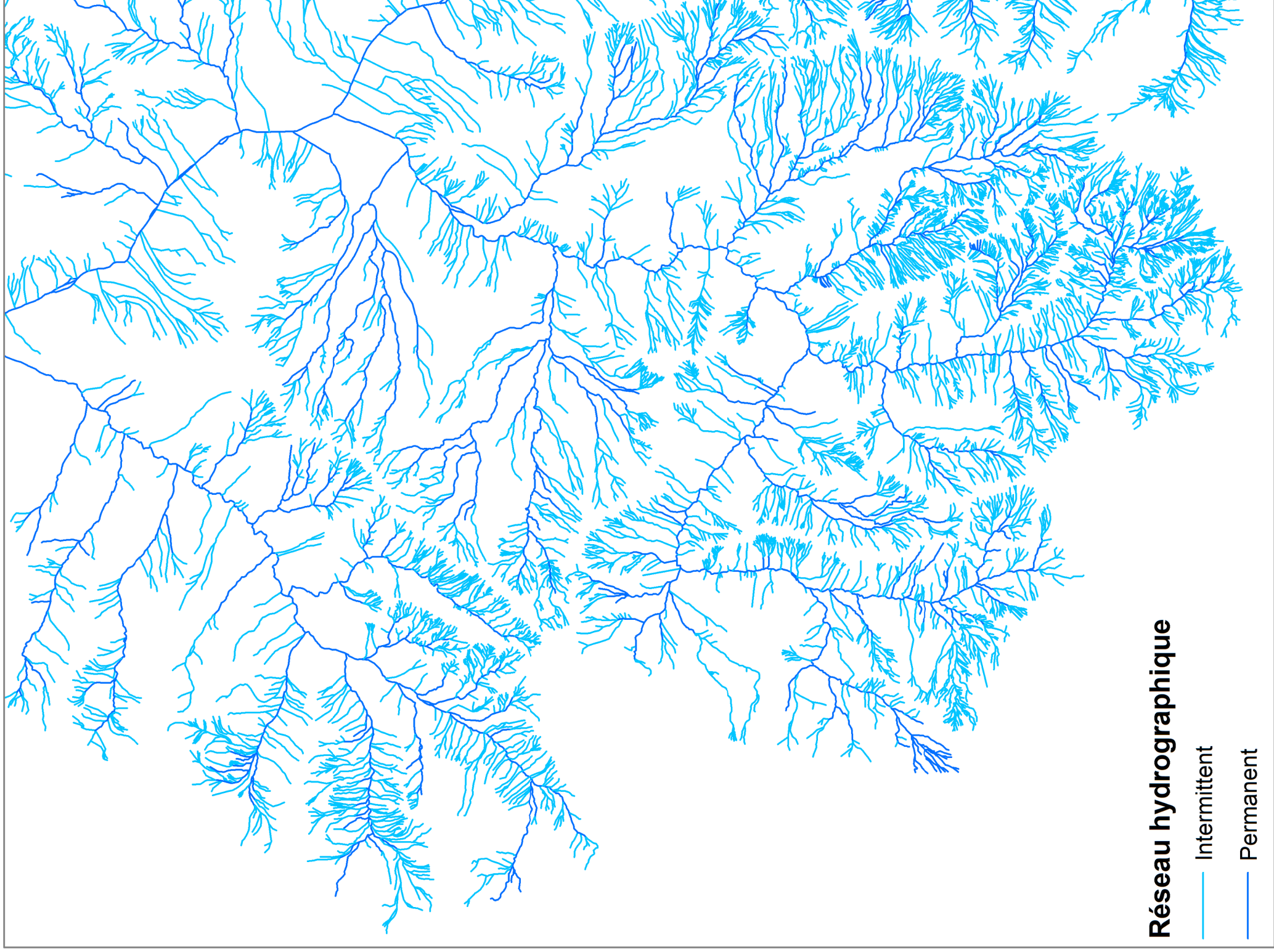
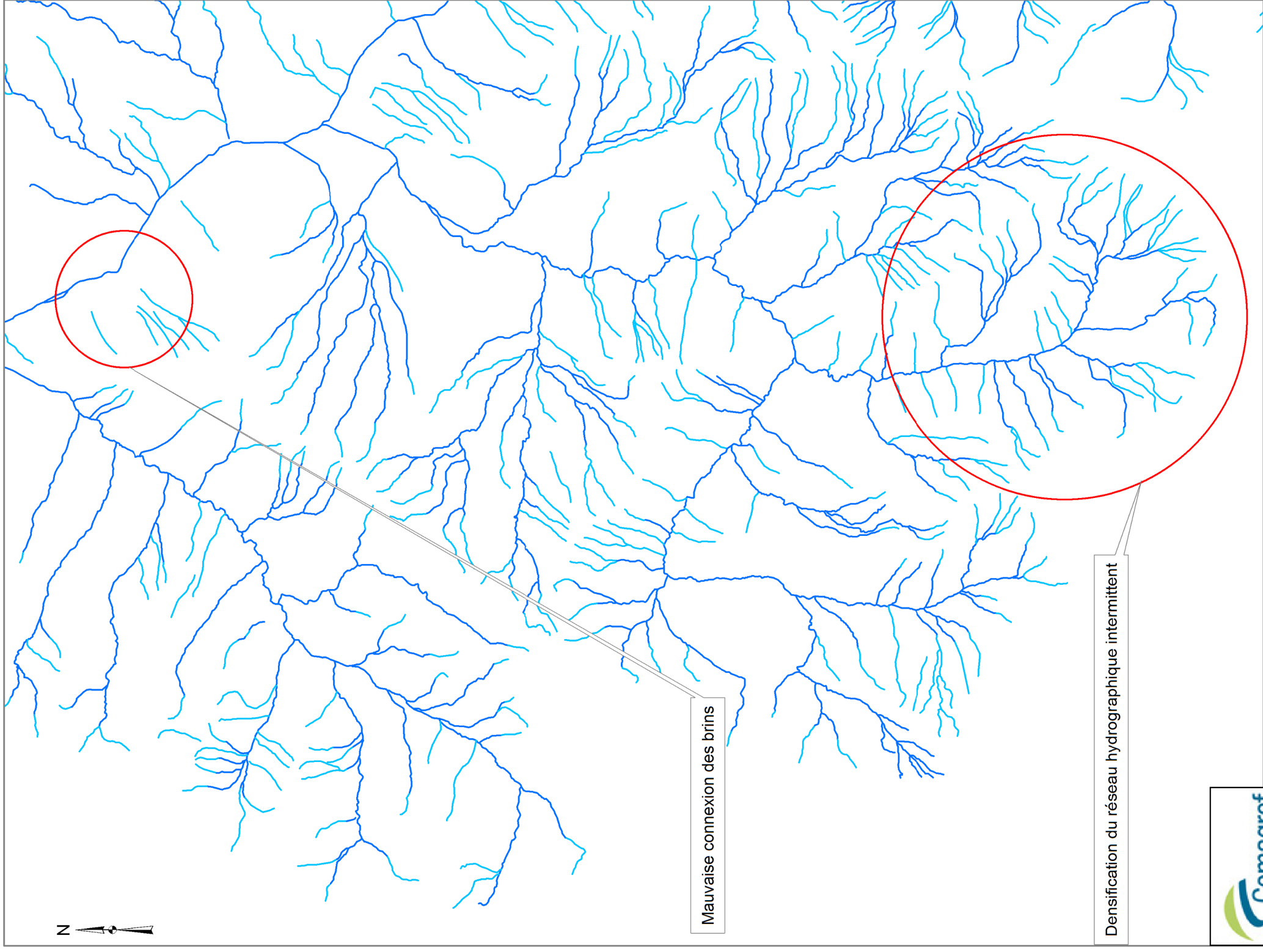
Comparaison des réseaux hydrographiques issus des logiciels ArcGIS, SAGA et Taudem



- Réseau permanent
- Réseau calculé par SAGA
- Réseau calculé par ArcGIS
- Réseau calculé par Taudem

Sources : BD Carthage corrigée (IGN)
Cartographie réalisée par M. Bertrand, 2009

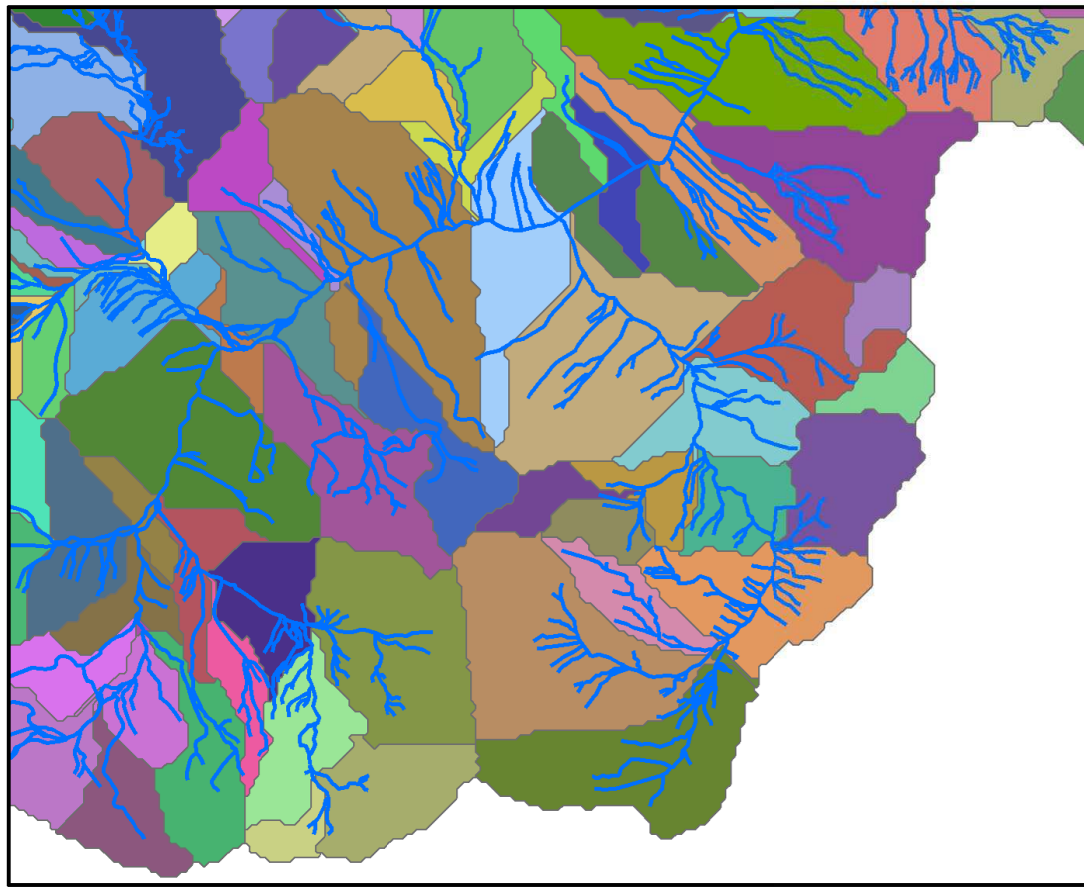
Comparaison du réseau hydrographique de la BD Carthage avant et après correction



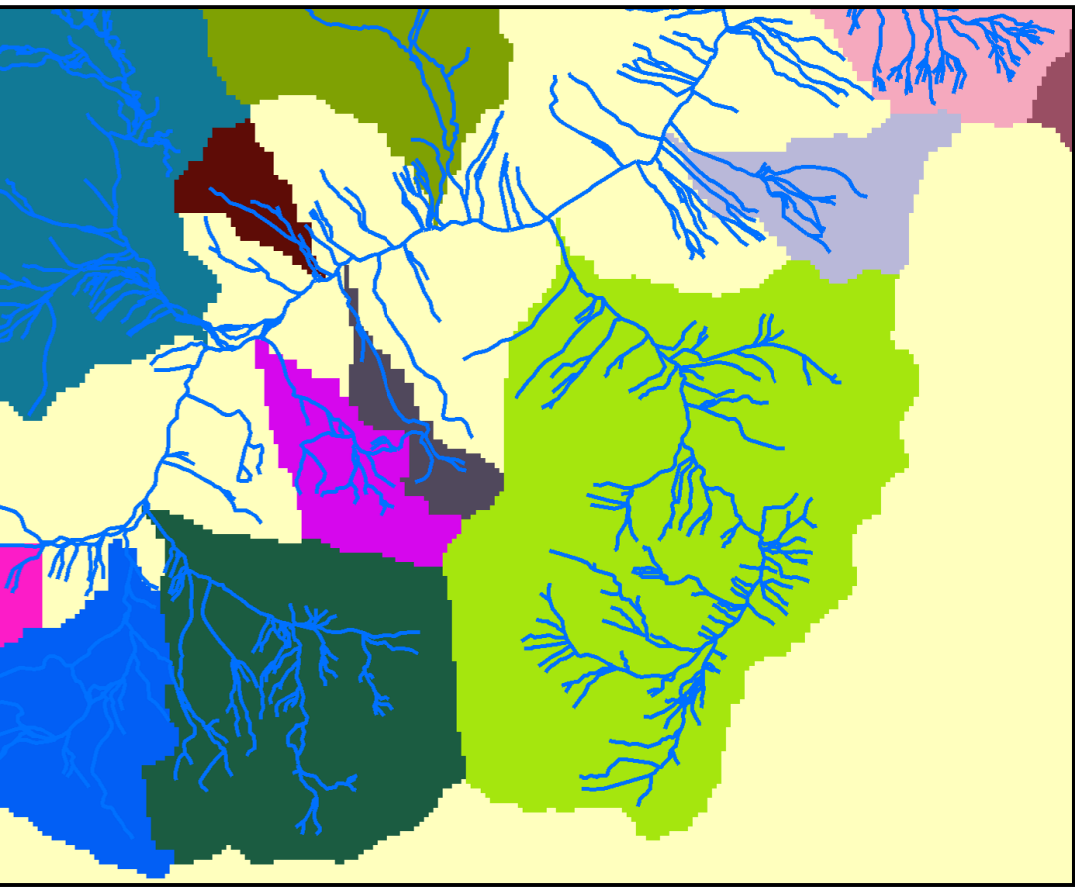
Réseau hydrographique

- Intermittent
- Permanent

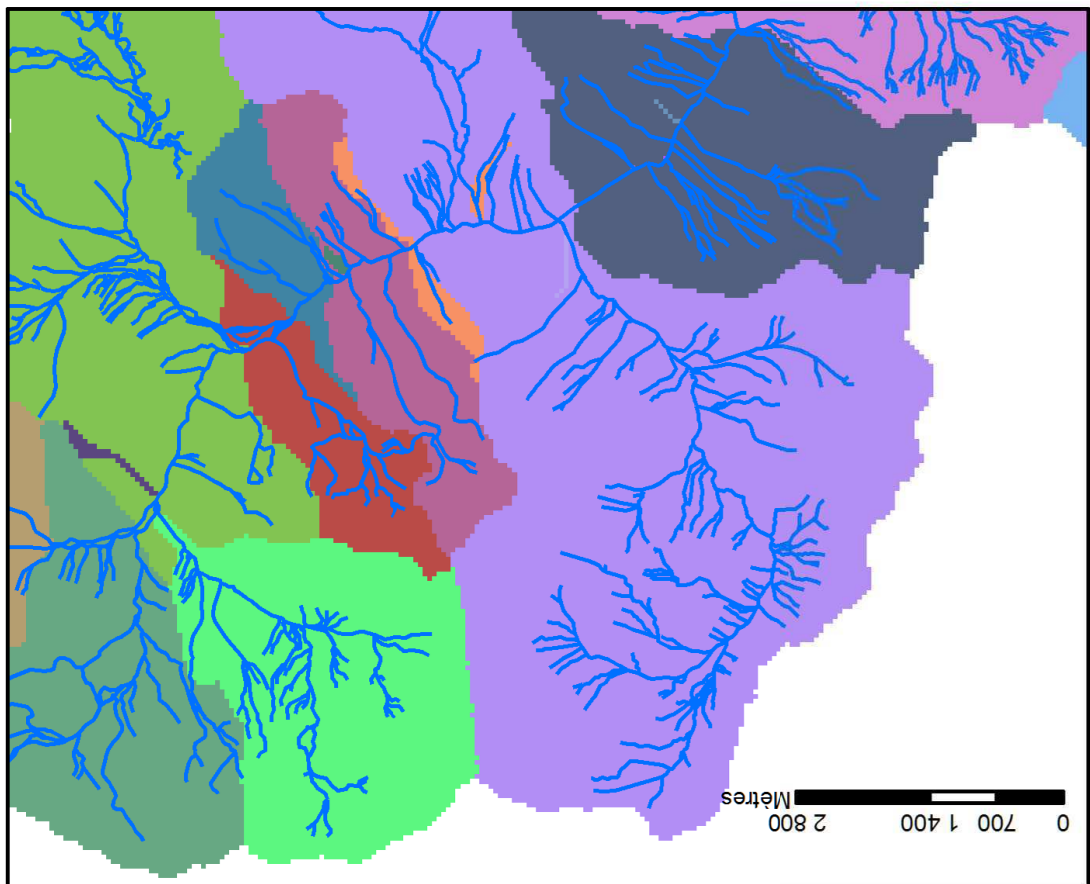
Taudem



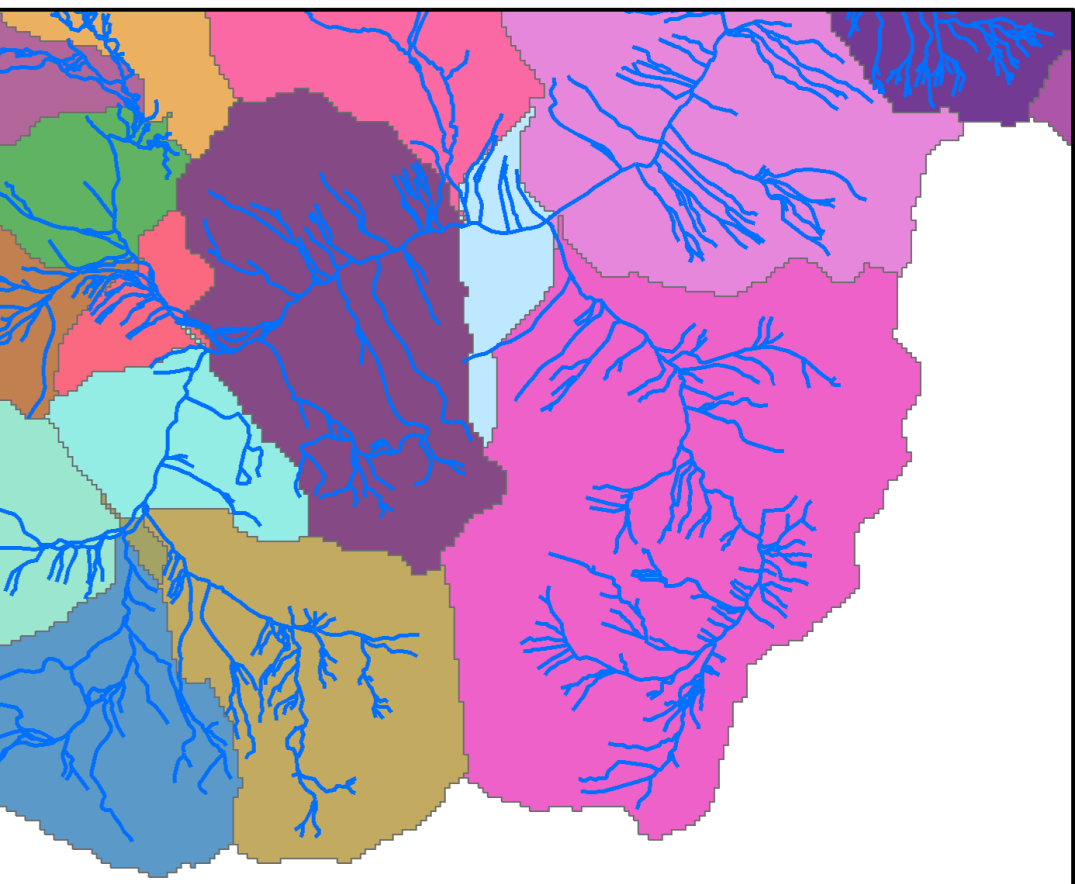
HydroDEM



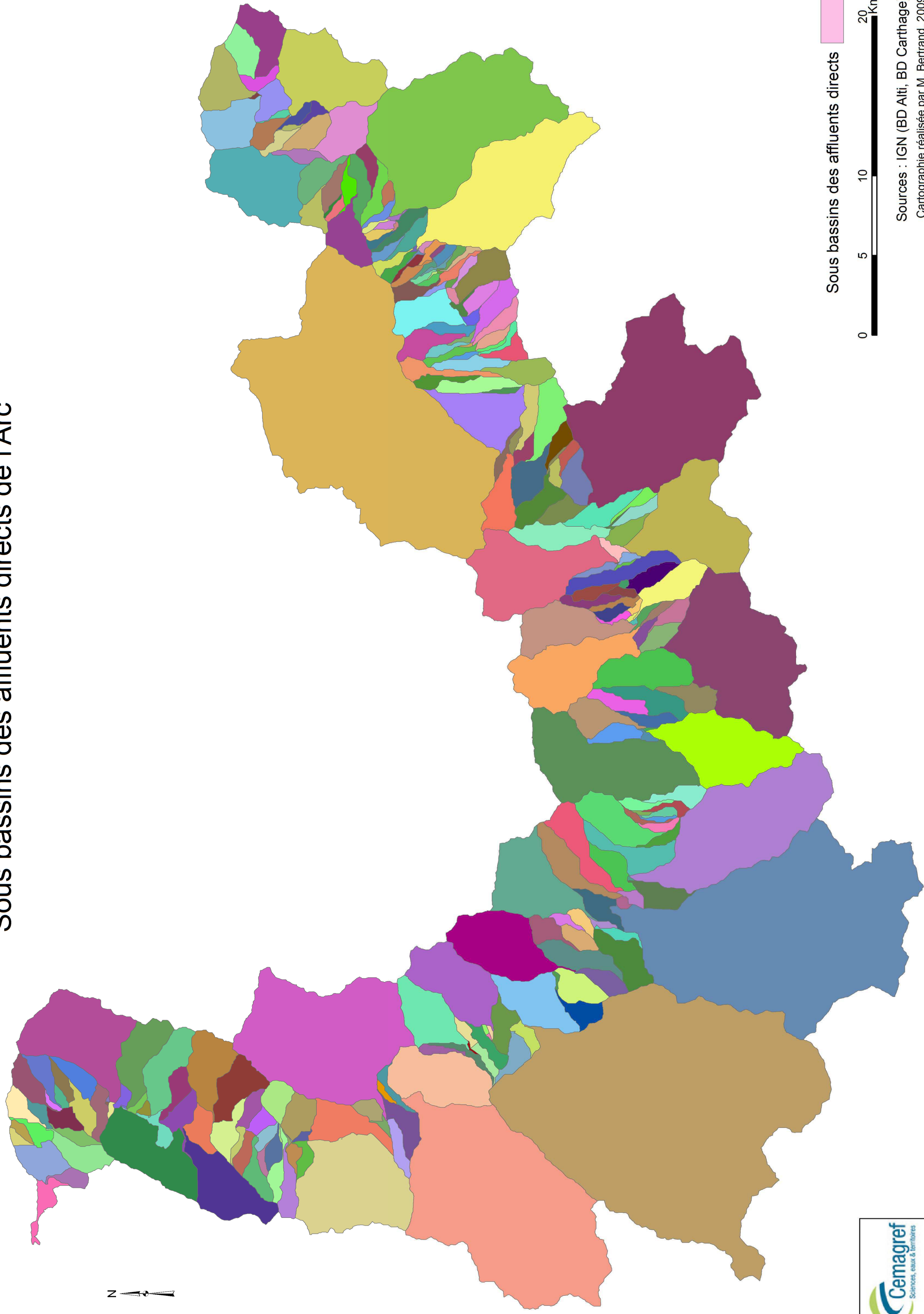
ArcGIS



Saga



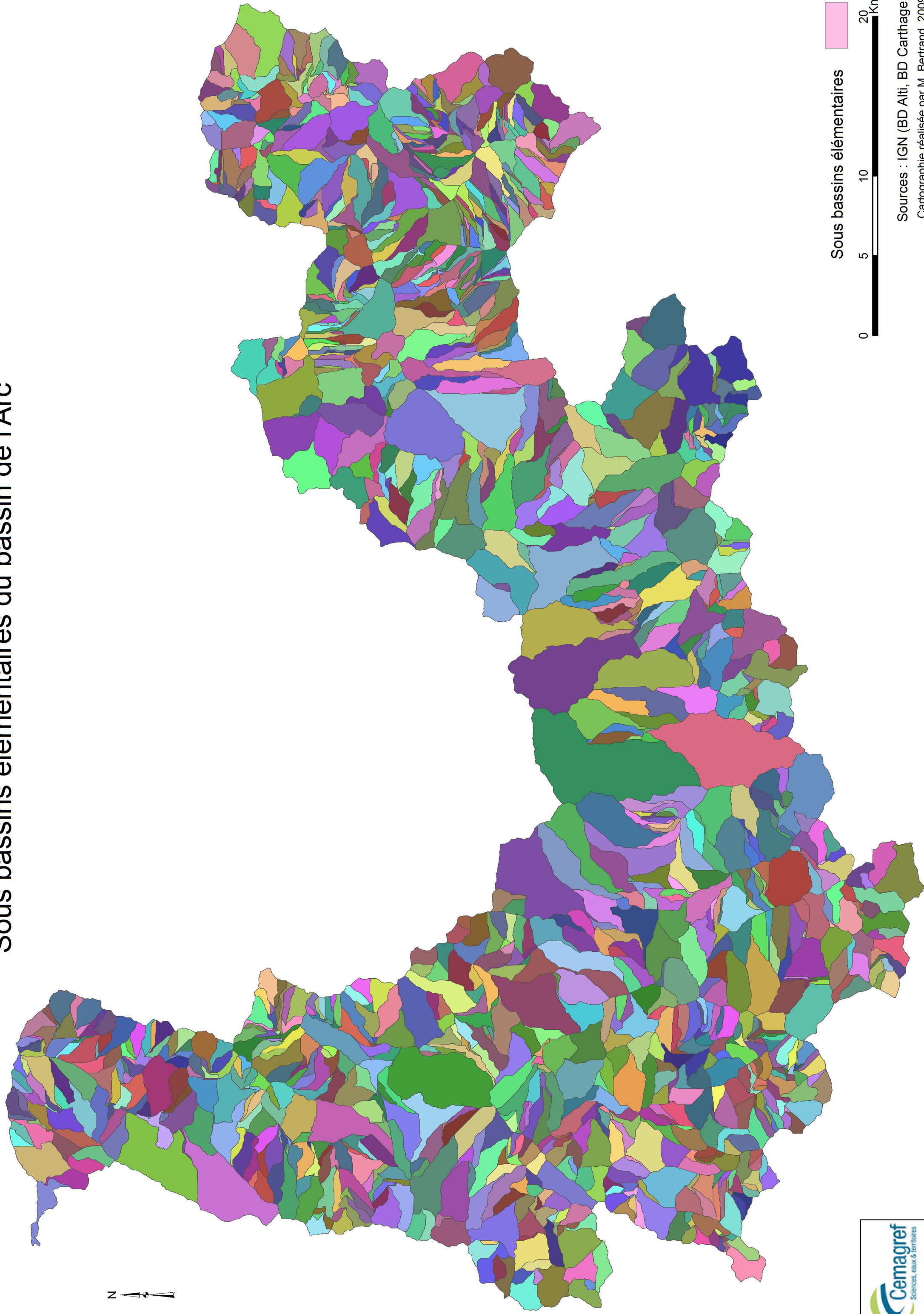
Sous bassins des affluents directs de l'Arc



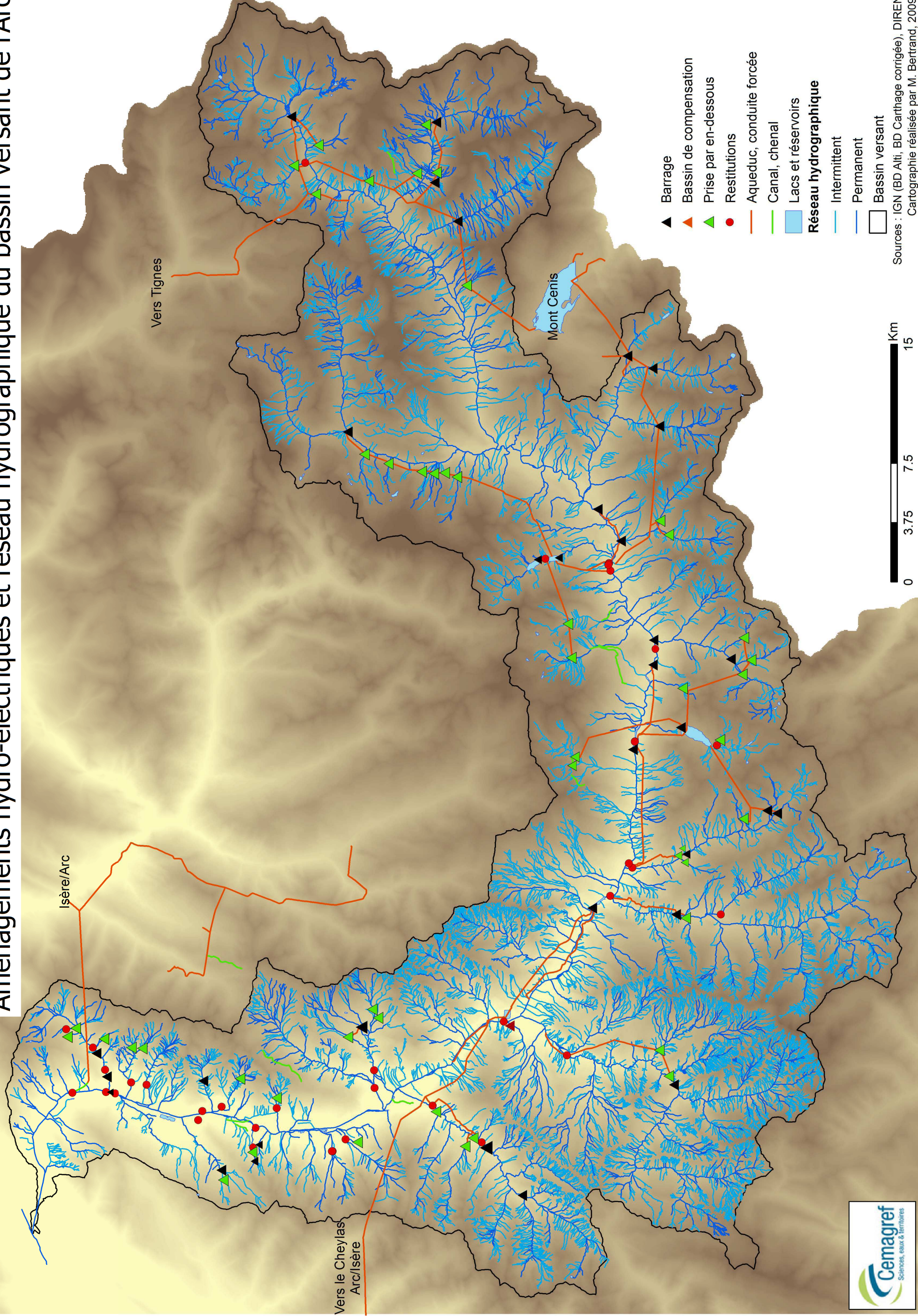
Sous bassins des affluents directs



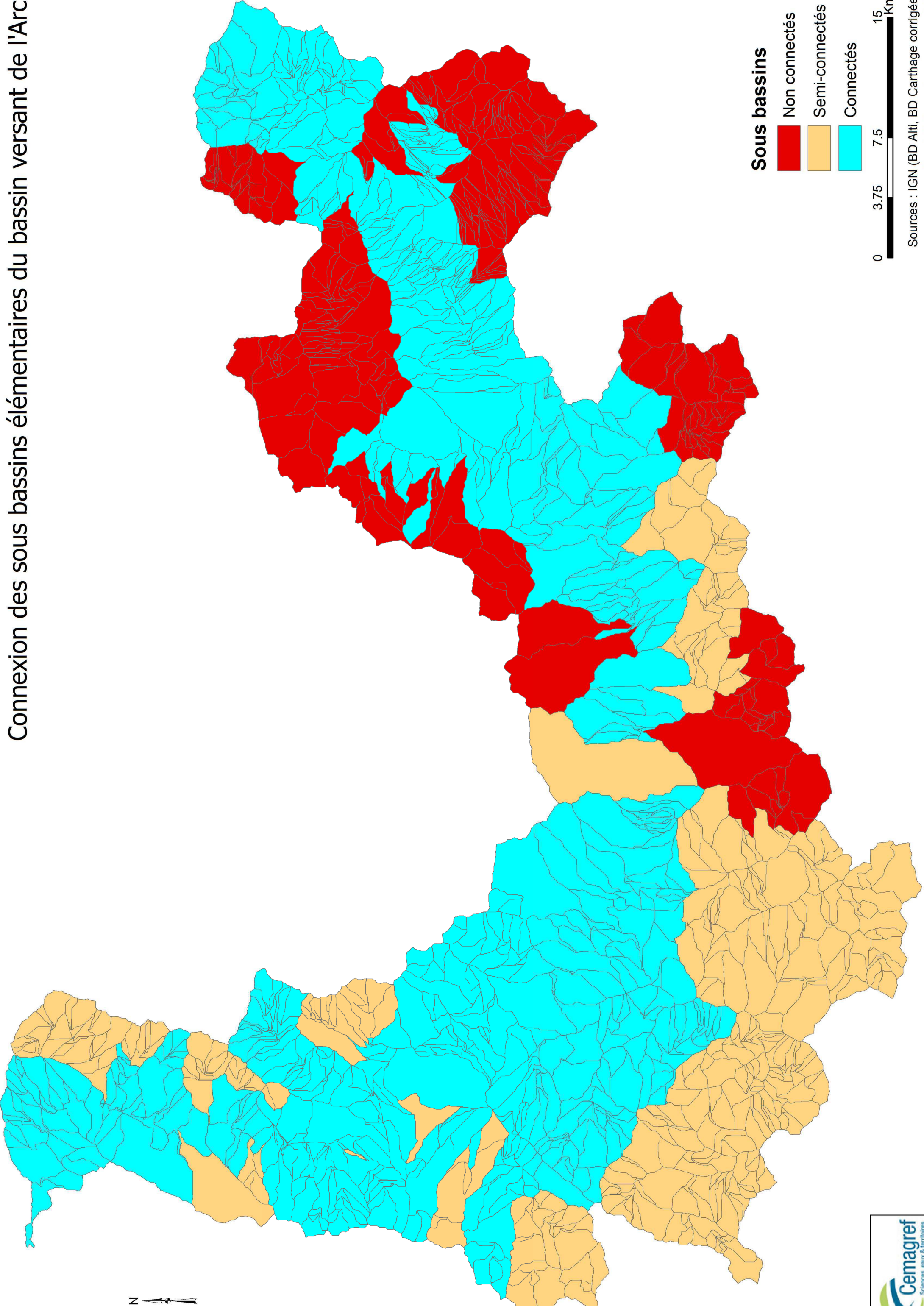
Sous bassins élémentaires du bassin de l'Arc



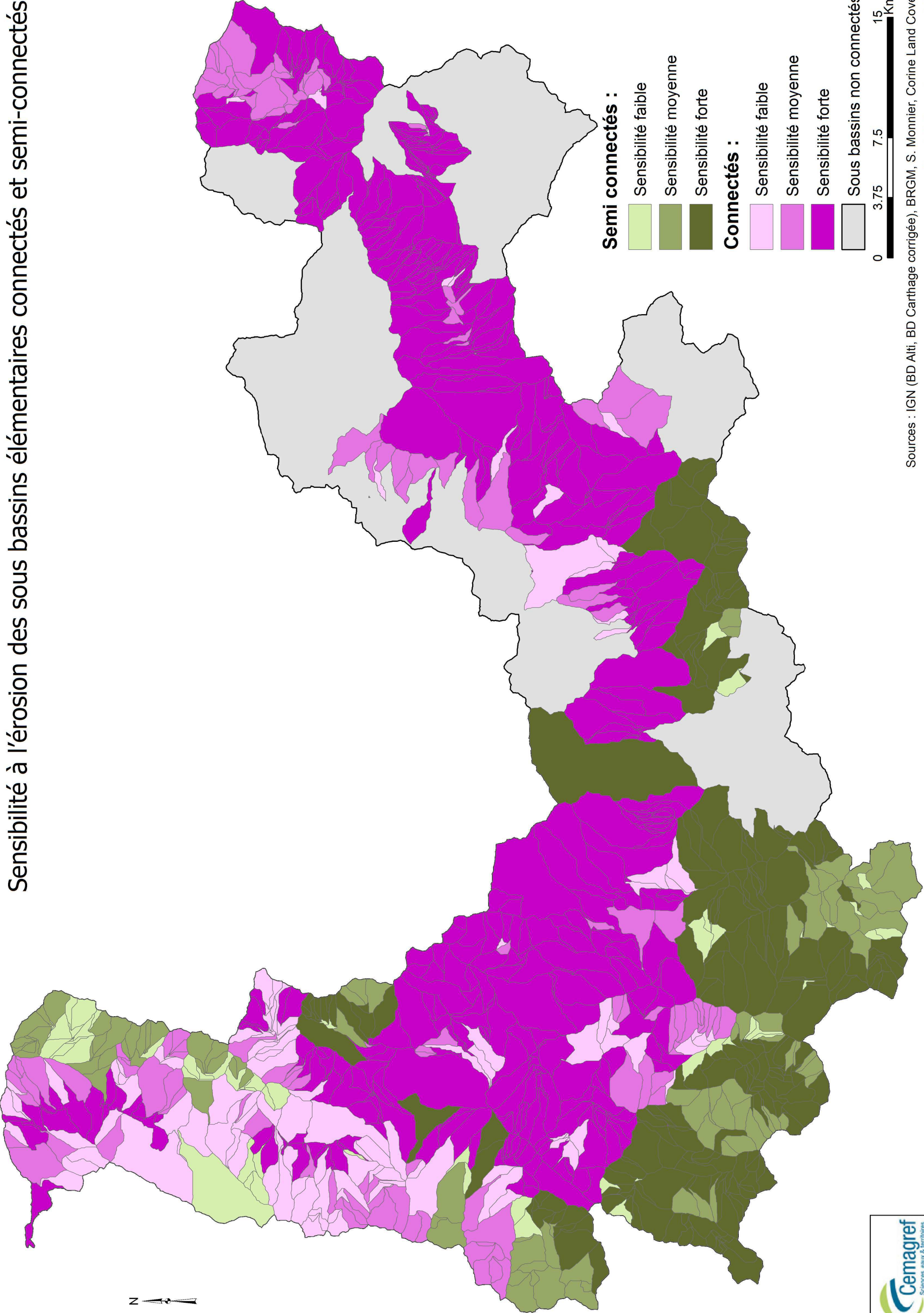
Aménagements hydro-électriques et réseau hydrographique du bassin versant de l'Arc



Connexion des sous bassins élémentaires du bassin versant de l'Arc



Sensibilité à l'érosion des sous bassins élémentaires connectés et semi-connectés



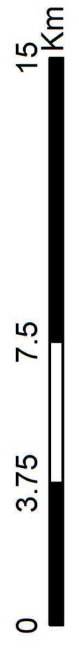
Semi connectés :

- Sensibilité faible
- Sensibilité moyenne
- Sensibilité forte

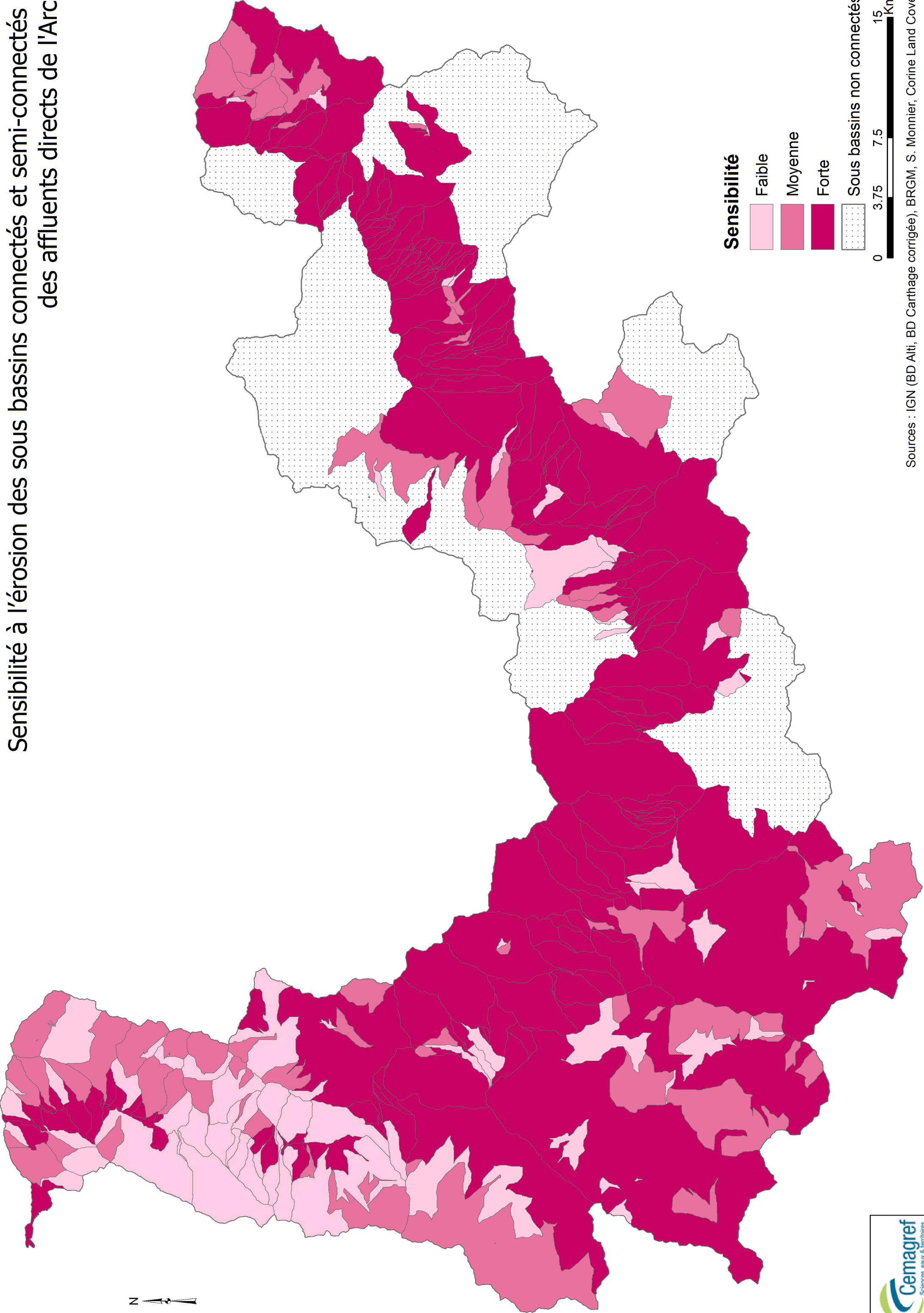
Connectés :

- Sensibilité faible
- Sensibilité moyenne
- Sensibilité forte

Sous bassins non connectés



Sensibilité à l'érosion des sous bassins connectés et semi-connectés des affluents directs de l'Arc



Exemple de sélection de stations de mesure opérationnelles et planifiées en fonction de la localisation de sous bassins

