

Surveillance et spatialisation de l'érosion à petite échelle





Contexte et objectifs

Deux approches abordées

- Cartographie des formes érosives
- Estimation et distribution spatiale de la perte en sol

Éléments de discussion et recherche de synergies



CONTEXTE ET OBJECTIFS

- Une des pressions majeures sur l'environnement calédonien
- De nombreux travaux ponctuels réalisés par différents acteurs
- Des programmes de recherche sur des thématiques similaires ou connexes (CNRT, IAC, IRD, UNC,...) pouvant donner lieu à des mises en œuvre opérationnelles par des Bureaux d'étude
- Expertise locale forte (recherche, gestionnaire, BE,...)
- Compétences partagées par plusieurs acteurs : Gouvernement (DSCGR, DIMENC,...) , Fonds Nickel, Province (DENV, DFA, DDR,..), Commune,...

.....Absence de **stratégie de surveillance à long terme** sur de larges échelles spatiales et des **difficultés à quantifier de manière fiable et validé** l'ampleur du phénomène



Contribuer à améliorer la caractérisation et l'observation de l'érosion à l'échelle provinciale



CARTOGRAPHIE DES FORMES ÉROSIVES

Description :

- Inventaire détaillé des surfaces participant au processus

Erosion superficielle :

- surface dénudées, semi dénudés, zones brûlées, ravines

Erosion gravitaire :

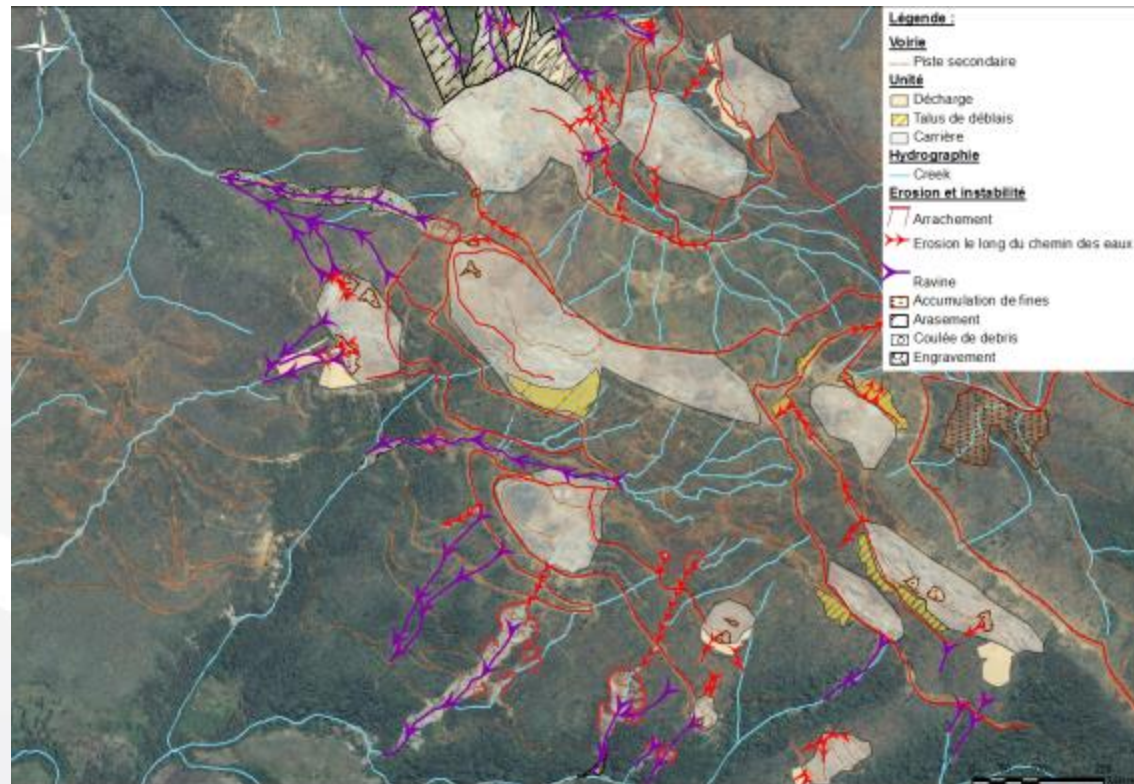
- glissement de terrain, coulées, éboulis, bloc

Dépôt sédimentaire :

- engravement, dépôt fin

Zones aménagées :

- voie ss revêtement, zone d'activité minière, décharge minière, ouvrage de gestion des eaux, autres zones décapées



Vallée de la Neaoua (Houailou) - site de réhabilitation Fonds Nickel - Aquaterra

Possibilité d'associer des info sup:

- origine (naturelle, anthropique,...)
- activité du phénomène



CARTOGRAPHIE DES FORMES ÉROSIVES

Description

Objectifs

Méthode de production et caractéristiques



CARTOGRAPHIE DES FORMES ÉROSIVES

Retour d'expérience de l'OEIL (Rouetis 2012)

Étude sur la valorisation des données existantes pour constituer une **cartographie de référence** à l'échelle de la province Sud, T0 d'un suivi long terme

- 2/3 du territoire provincial sans cartographie des formes érosives
- Terrains ultramafiques majoritairement couverts (~65% de ces terrains)
- Substrats volcano sédimentaires très peu traités
- Nomenclature hétérogène des phénomènes érosifs avec
 - une large dominance des désordres d'origine anthropique (essentiellement minière)
 - érosion naturelle peu détaillée
- Dates des fonds d'imagerie pouvant présenter un écart dépassant 10 ans
- Spécifications cartographiques variables ou peu connues

 **Difficultés rédhibitoires pour établir un T0 à l'échelle de la province Sud**



CARTOGRAPHIE DES FORMES ÉROSIVES

Retour d'expérience de l'OEIL (Rouetis 2012)

Étude de la valorisation des données existantes pour constituer une **cartographie de référence** à l'échelle de la province Sud

Rédaction de clauses techniques pour la production d'une cartographie des formes érosives sur la province Sud

- Production d'un guide de reconnaissance des principales formes d'érosion destinés aux photo interprètes avec une déclinaison en fonction de la résolution des images en entrée



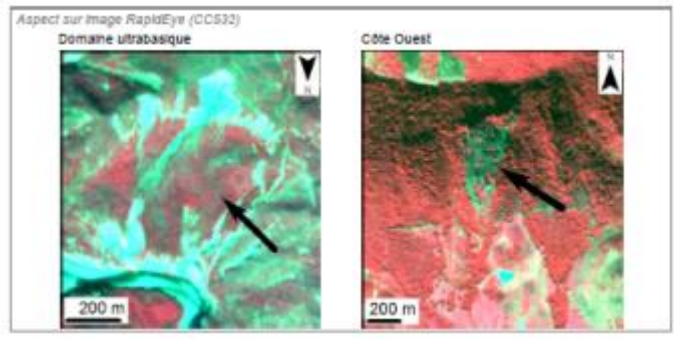
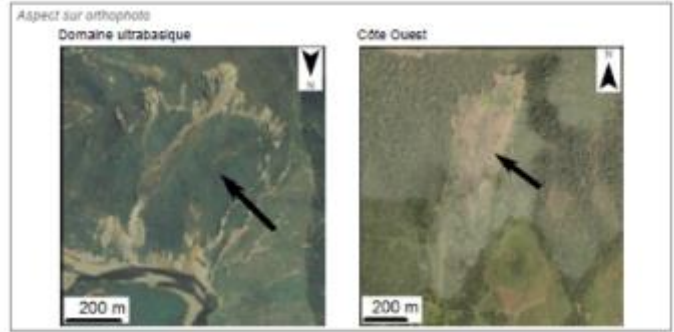
2. Formes gravitaires

La gravité est le principal agent de leur mise en place. Ces formes affectent non seulement la surface terrestre mais aussi, pour les mouvements en masse, un volume plus ou moins conséquent de terrains sous-jacents. Ces formes sont les plus dangereuses pour les populations et les constructions.

2.1. Glissements de terrain

Les glissements déplacent les matériaux en masses plus ou moins importantes sous l'effet conjugué de la gravité et de facteurs locaux spécifiques.

Forme générale	Zone de départ à géométrie variable : semi-circulaire pour certains, plus ou moins rectiligne pour d'autres. Zone glissée souvent ovoïde, parfois très étalée.
Dimensions	Pluri-métrique à pluri-hectométrique.
Position topographique	Sur les versants, le long des cours d'eau.
Drainage	Périphérique, parfois aussi interne à la forme (ravines).
Végétation	Perturbée en périphérie des formes et en interne (ex. : marches). La végétation est parfois totalement détruite à l'intérieur de la forme.
Environnement	Très variable.
Éléments de confusion	Dans les zones complexes, identification des formes périphériques et internes sans voir la forme majeure (prendre du recul).



CARTOGRAPHIE DES FORMES ÉROSIVES

Retour d'expérience de l'OEIL (Rouetis 2012)

Étude de la valorisation des données existantes pour constituer une **cartographie de référence** à l'échelle de la province Sud

Rédaction de clauses techniques pour la production d'une cartographie des formes érosives sur la province Sud

- Production d'un guide de reconnaissance des principales formes d'érosion destinés aux photo interprètes avec une déclinaison en fonction de la résolution des images en entrée

Estimation du coût d'une cartographie des formes érosives à l'échelle de la PS auprès de 4 bureaux d'études : entre 7 et 12 MCFP selon l'échelle, la nomenclature, etc.

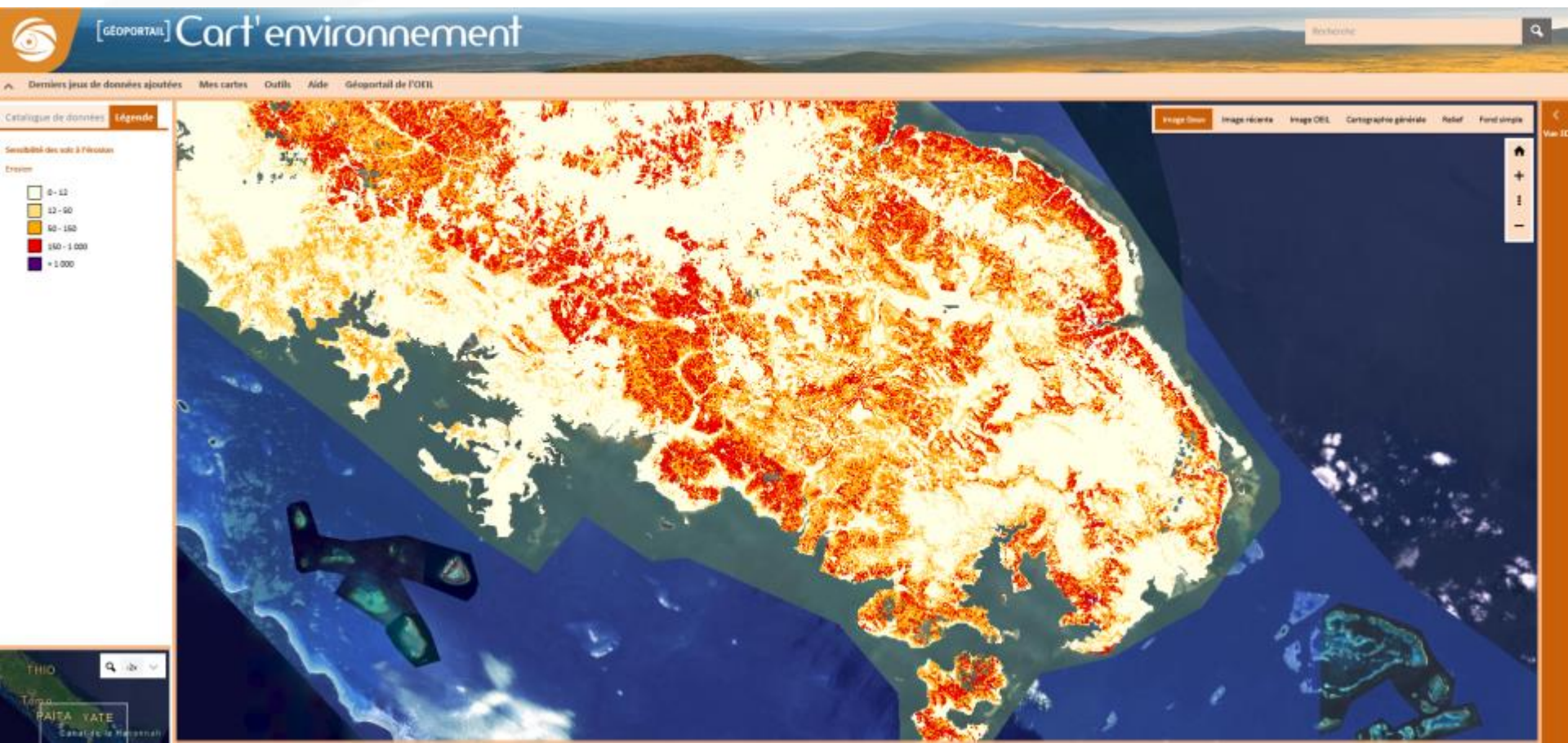
Mutualisation possible avec la production des modes d'occupation du sol



ESTIMATION ET DISTRIBUTION SPATIALE DE LA PERTE EN SOL

Modélisation permettant d'estimer la production sédimentaire et surtout de connaître sa distribution spatiale

- Appréhender l'ampleur du forçage sédimentaire sur les BV et le lagon



Méthodologies de spatialisation de la sensibilité des sols à l'érosion

Pascal Dumas

Maître de Conférences en Géographie/Géomatique

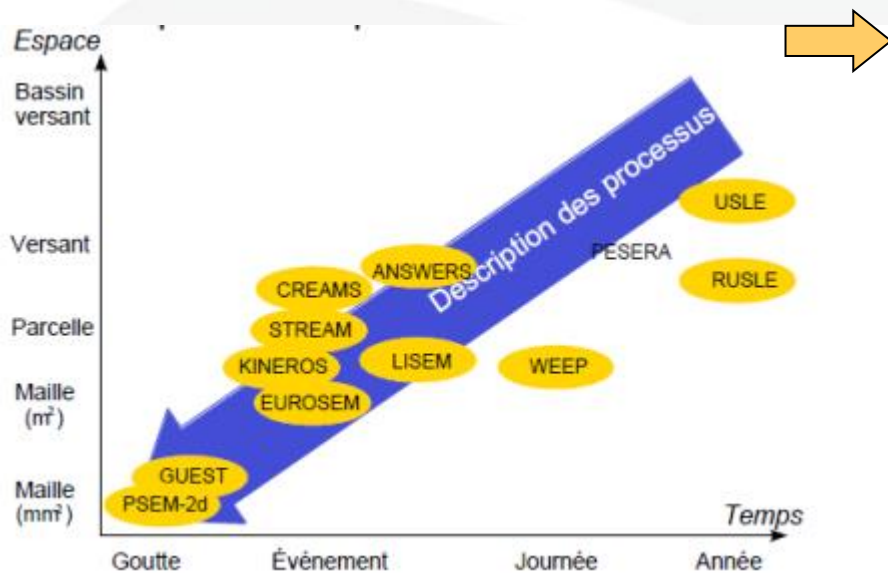
Laboratoire CNEP (Centre des Nouvelles Etudes du Pacifique) UNC

Chercheur associé à l'Unité 228 Espace-DEV IRD

Spatialisation de l'érosion des sols

Modèles déterministes à base physique : basés sur des représentations mathématiques des processus hydrologiques et érosifs fondamentaux pour simuler le ruissellement (excès de précipitations, saturation et infiltrabilité des sols, etc.) processus érosifs (arrachement des particules par effet « splash », création des rigoles, phénomène de battance, création de ravines, etc.)

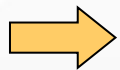
ANSWERS (Areal Nonpoint Source Watershed Environmental Response Simulation), **WEPP** (Water Erosion Prediction Project), **EUROSEM** (European Soil Erosion Model), **PLER** (Predict and Localize Erosion and Runoff), Hydrotel, Mhydas, SHE, SHETRAN, SWAT, ...



- Modèles demandant de très nombreuses données en entrée
- Nécessitant une instrumentation du terrain lourde
- Modèles rarement applicables à une échelle supérieure à celle de la parcelle ou du versant...
- Simulation à l'échelle de l'événement pluvieux
- Mise en œuvre à des fins de gestion agricole

Spatialisation de la sensibilité des sols à l'érosion

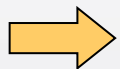
Développement et mise en œuvre de méthodologie de spatialisation de la sensibilité des sols à l'érosion : modèles cognitifs / modèles empiriques



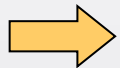
Modèle d'érosion, envisagé du point de vue de l'émission potentielle de particules solides (caractérisation des surfaces émettrices)



Zonage des risques morphodynamiques cartographie de sensibilité des sols à l'érosion



Mise en œuvre d'un modèle reproductible



Outil d'aide à la décision utile au gestionnaire et au politique pour la mise en œuvre de plan de gestion (caractérisation de zones de gestion prioritaires...)



Topographie

Nature du substrat

Occupation du sol

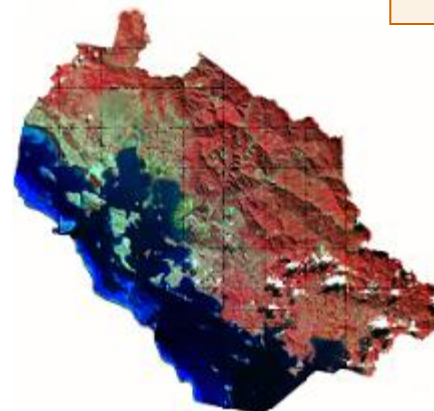
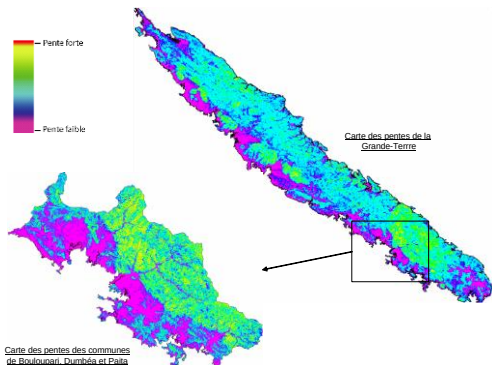
Méthodologie du modèle cognitif

1

Inclinaison de la pente

Géologie des formations superficielles

Couvert végétal



Intégration dans un SIG

2

Reclassement qualitatif sous forme d'indice de sensibilité à l'érosion

A dire d'experts

2a

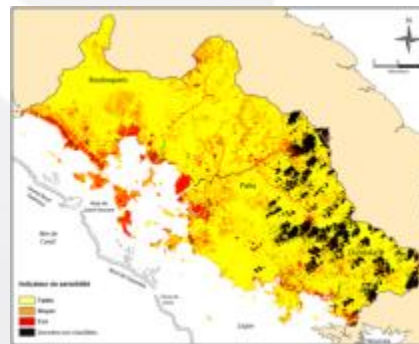
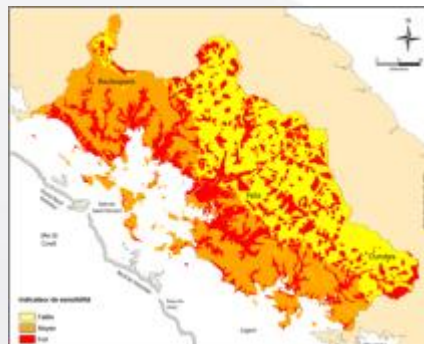
Carte des pentes en fonction de leur sensibilité à l'érosion

2b

Carte des formations géologiques en fonction de leur sensibilité à l'érosion

2c

Carte des classes d'occupation de sol en fonction de leur sensibilité à l'érosion



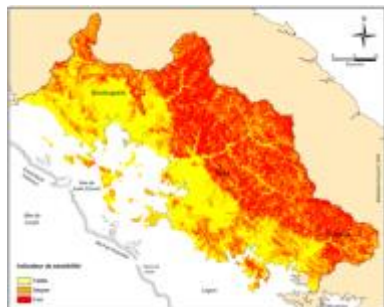
4

Cartographie de la sensibilité des sols à l'érosion

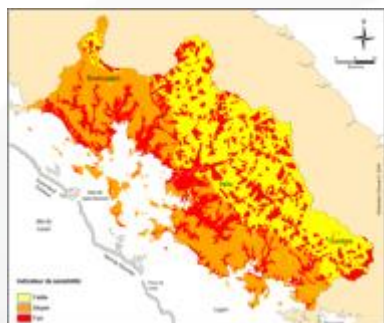
3

Mise au point du modèle
Hiérarchisation des paramètres
Approche multi-critère qualitative
Combinaison de facteurs

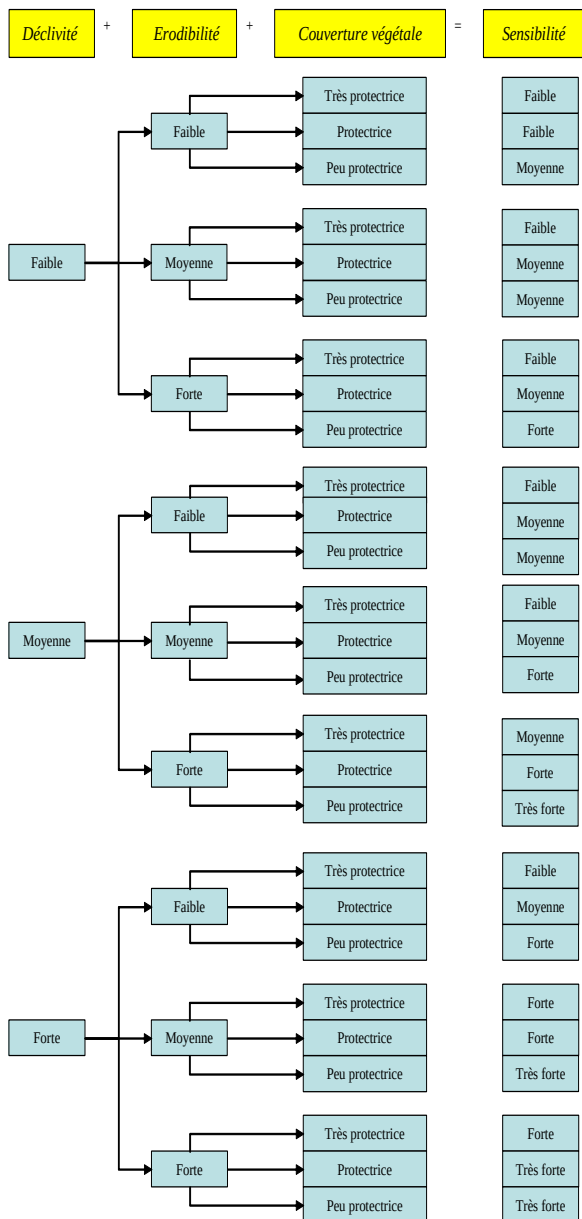
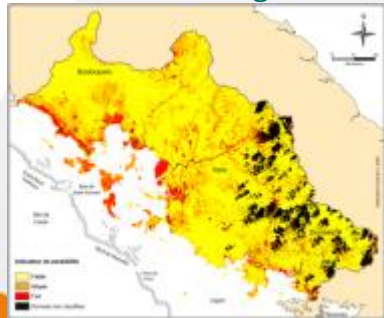
Pentes



Géologie superficielle

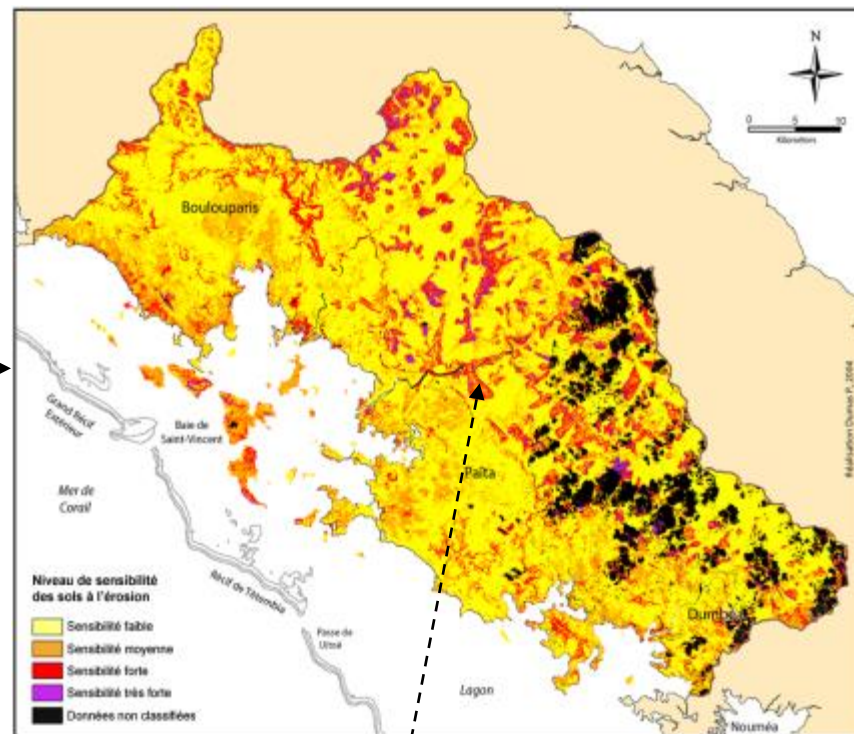


Couverture végétale



Hierarchisation et croisement des couches d'informations

Cartographie de la sensibilité des sols à l'érosion



Zones très sensibles à l'érosion

Cartographie de la sensibilité des sols à l'érosion par bassins-versants

**Indicateur
synthétique**

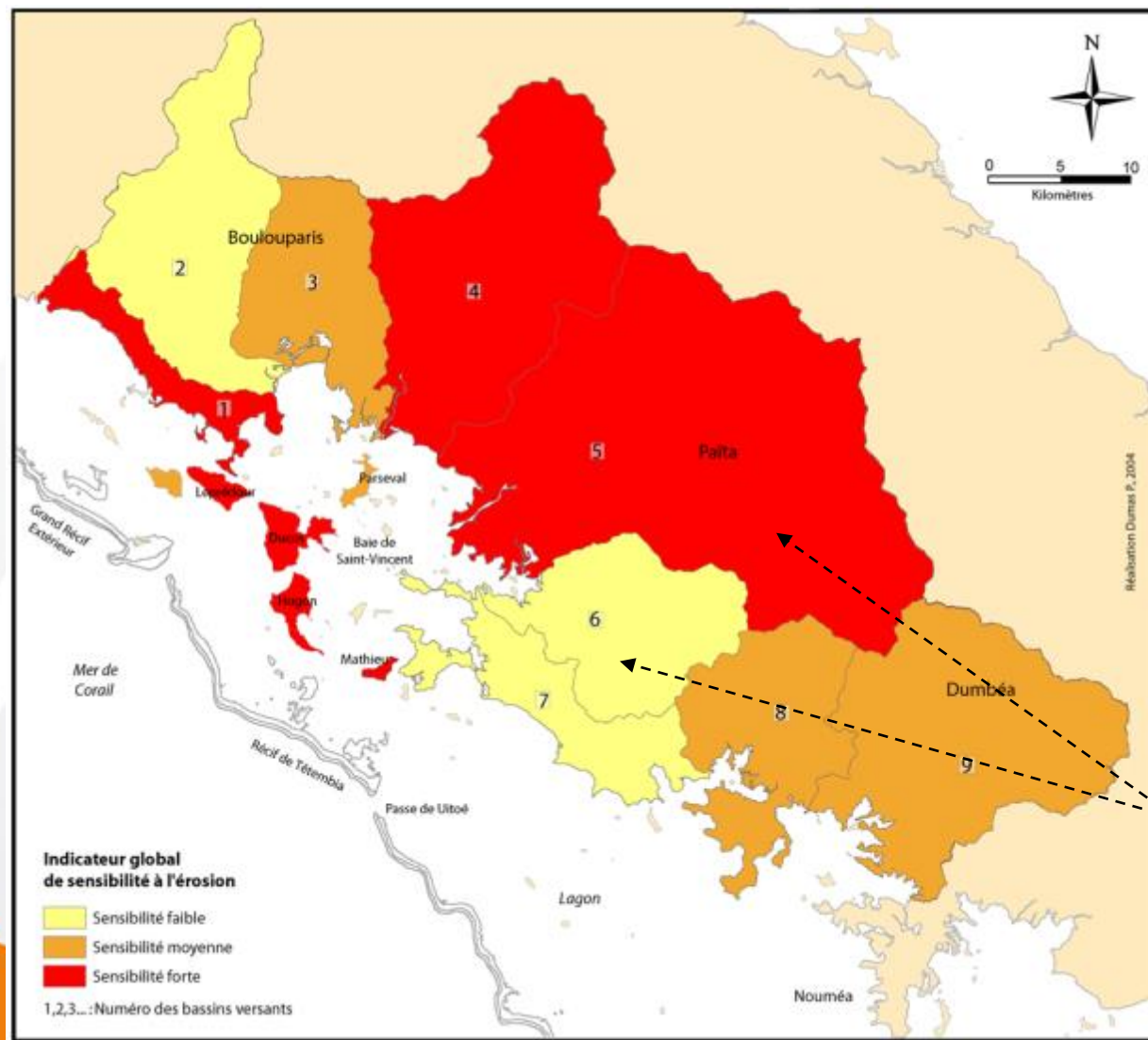


**Information synthétique par
unité spatio-fonctionnelle**



Outil d'aide à la gestion

Hierarchisation des bassins-versants



Amélioration du modèle cognitif

➔ **Intégration de nouveaux paramètres**
jouant un rôle pour le processus d'érosion
et permettant d'affiner les résultats c

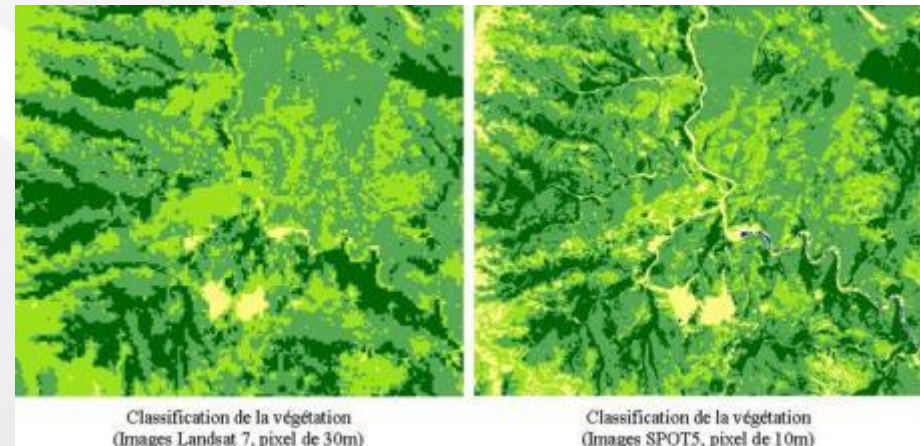
➔ **Changement d'échelle : nouveau modèle**
à 10 m de résolution spatiale

- Pour le facteur de l'occupation du sol :
classification d'image SPOT 5 à 10 m de
résolution spatiale en multispectral

- Pour les facteurs : déclivité de la
pente, courbure horizontale et de
profil, réseau de drainage (réalisation
d'un MNT à 10 m)

- Pour les autres facteurs : méthode
d'interpolation

FACTEUR	PARAMETRES
Nature du sol	Indice d'érodibilité
du sol	Degré de protection de la végétation
	Identification des pistes
Relief	Déclivité de la pente
	Courbure verticale
	Courbure horizontale
	Réseau hydrographique théorique
Climat	Moyennes des précipitations sur 10 ans

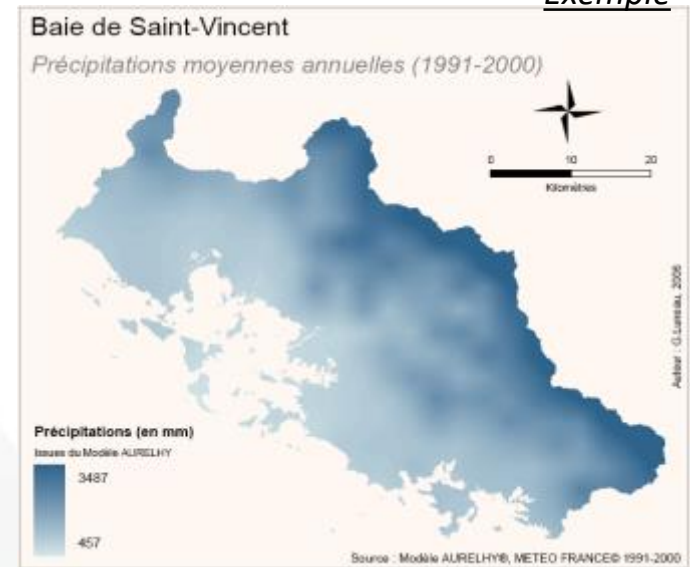
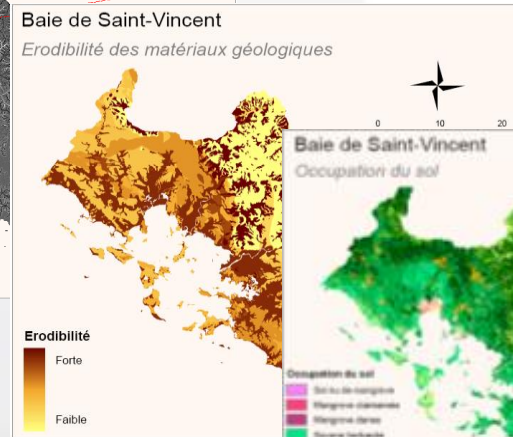
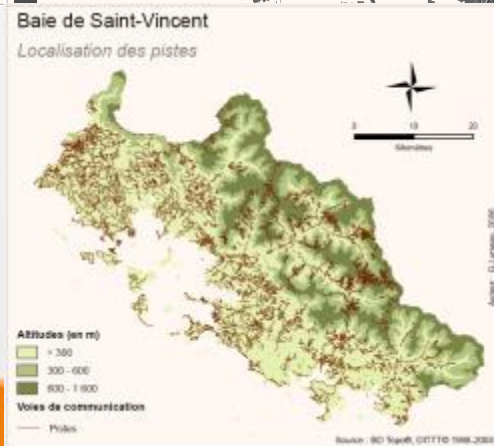
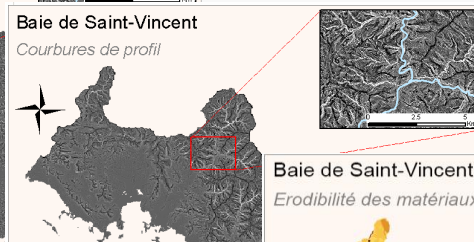
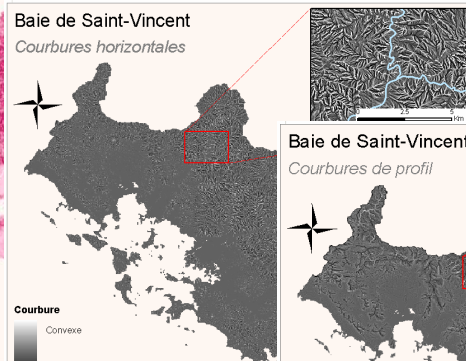
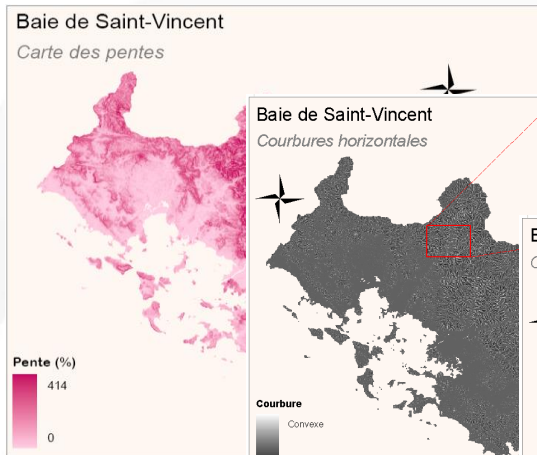




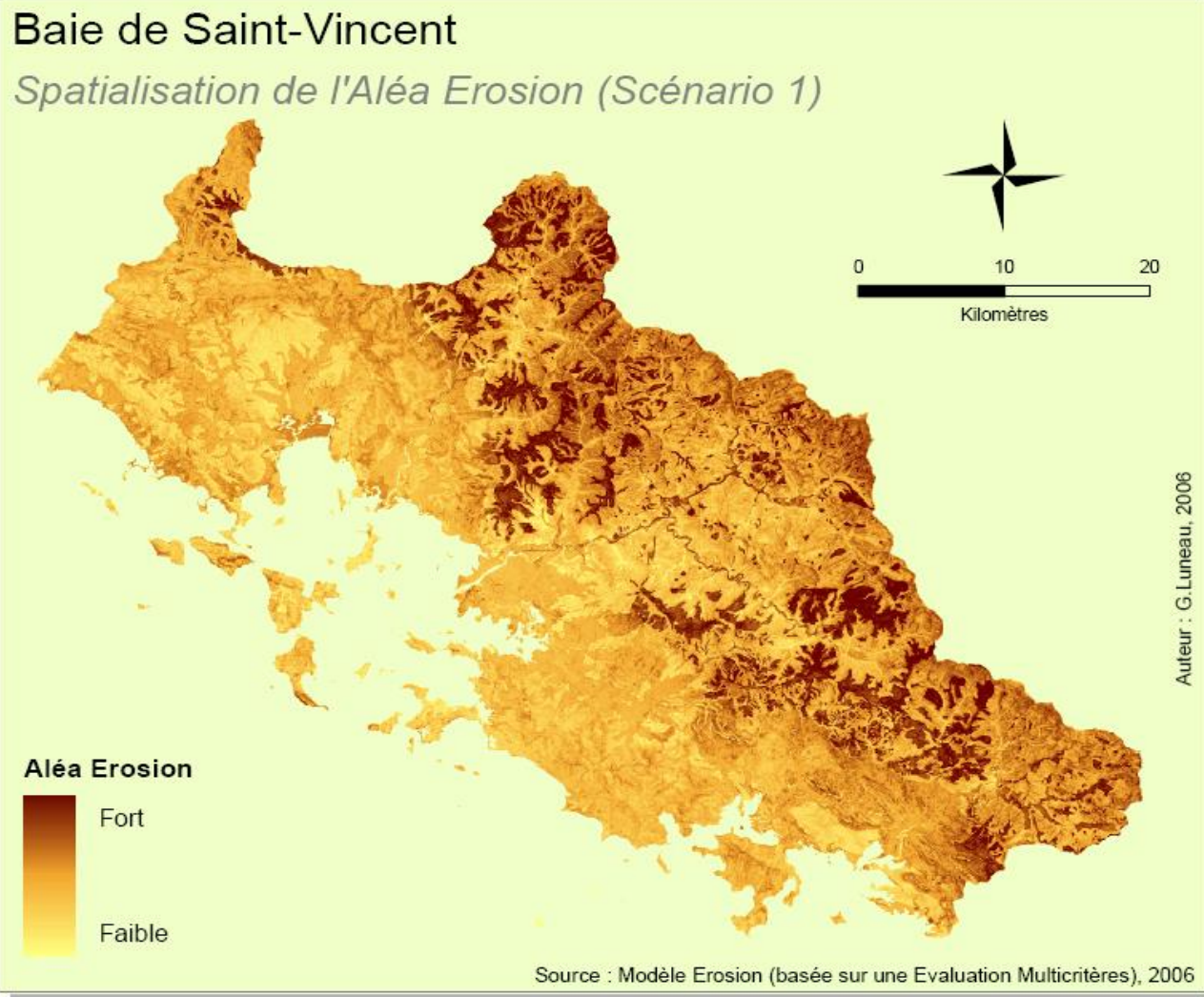
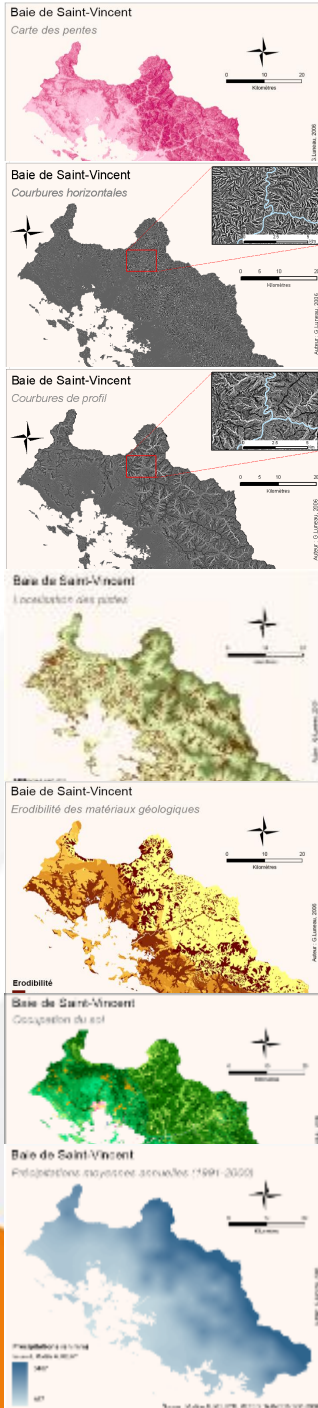
Passage vers des données continues

Meilleure représentativité de chaque paramètre pris en compte dans le modèle (on utilise toute la fourchette de valeur du facteur)

Exemple



Amélioration de la méthode



➔ Mise en œuvre du modèle RULSE en NC (Revised Universal Soil Loss Equation, (Wischmeier & Smith, 1978))

Modèle empirique, établi aux Etats-Unis établi sur plus de 20 000 mesures terrain
Modèle largement reproduit et adapté à travers la planète bien au-delà des conditions initiales de sa mise en application

➔ Intérêt : obtenir une spatialisation à des échelles régionales et des valeurs quantitatives du processus d'érosion

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

R : érosivité des pluies $R = E \times I30$ (avec E : énergie cinétique, et I30 : intensité maximale des précipitations en 30 minutes)

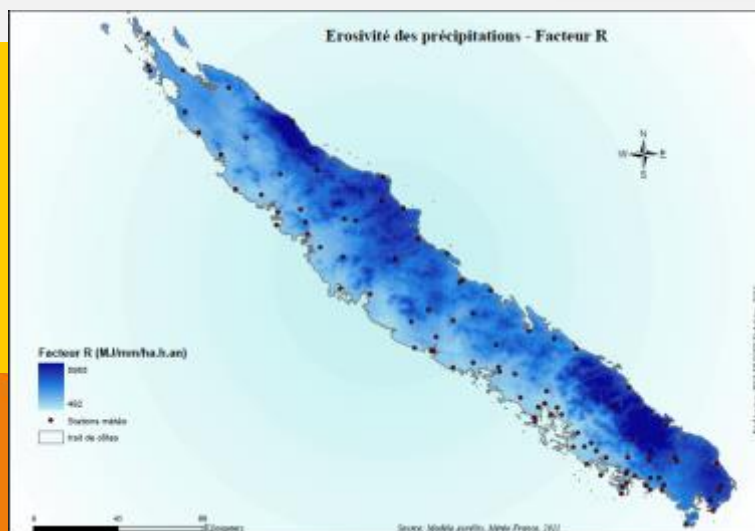
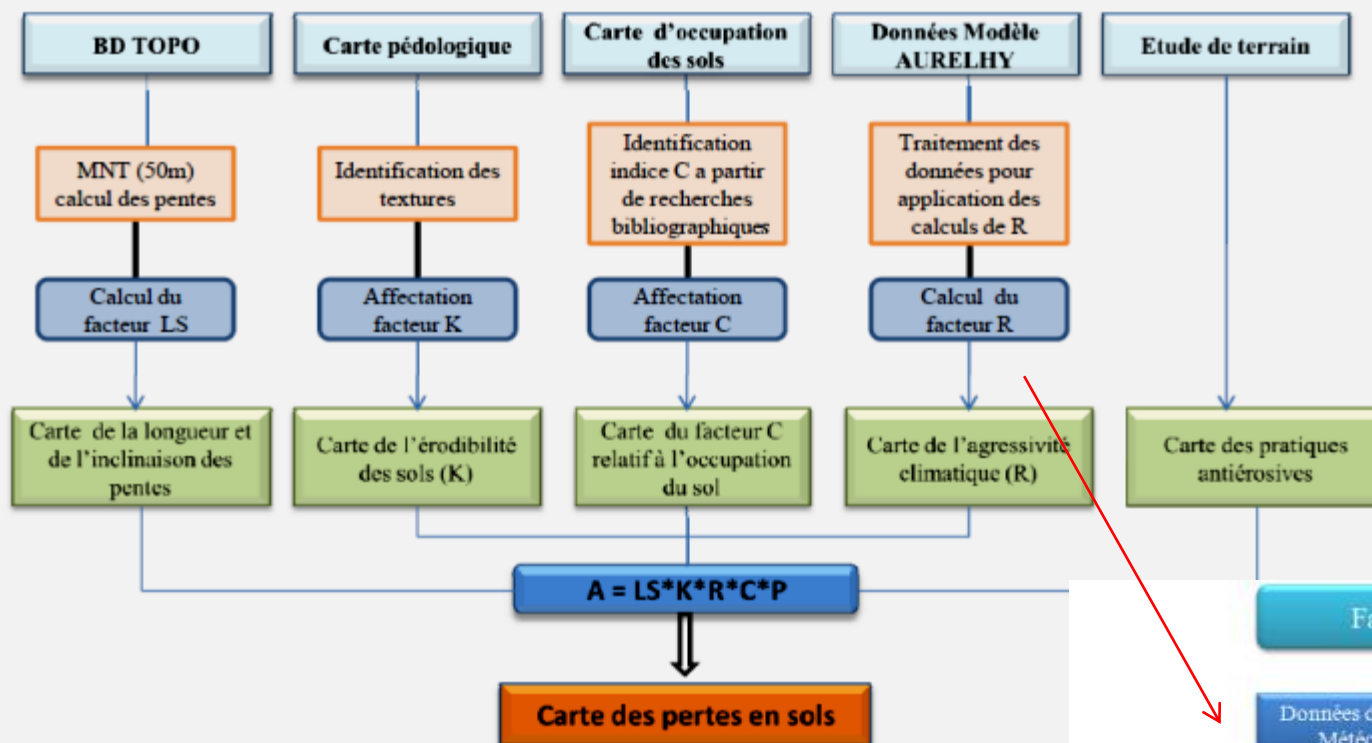
K : érodibilité des sols $K = f$ (% argile, limon, sable, MO, structure et perméabilité)

LS : topographie $LS = (l/22,1)^m \times (65,41 \sin^2 q + 4,51 \sin q + 0,065)$
l : longueur de pente et q : inclinaison de la pente

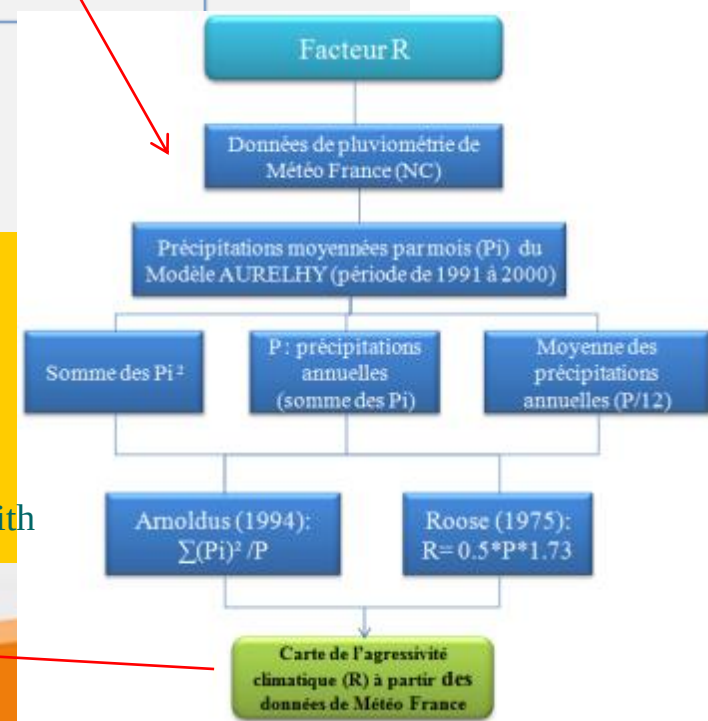
C : couverture végétale $C = f$ (hauteur de la couverture végétale, % de couverture...)

P : pratiques anti-érosives

Mise en oeuvre de RUSLE en NC



Wischmeier & Smith (1978) : $E_c \times I_{30}$



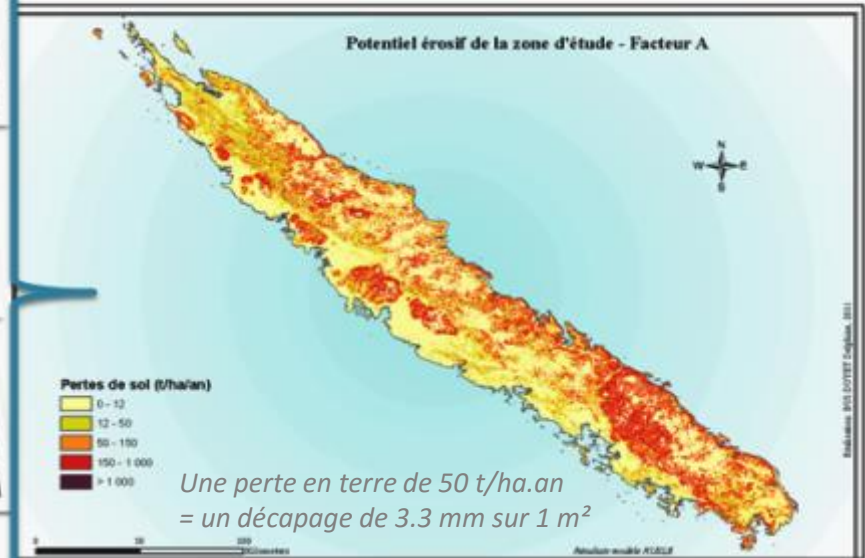
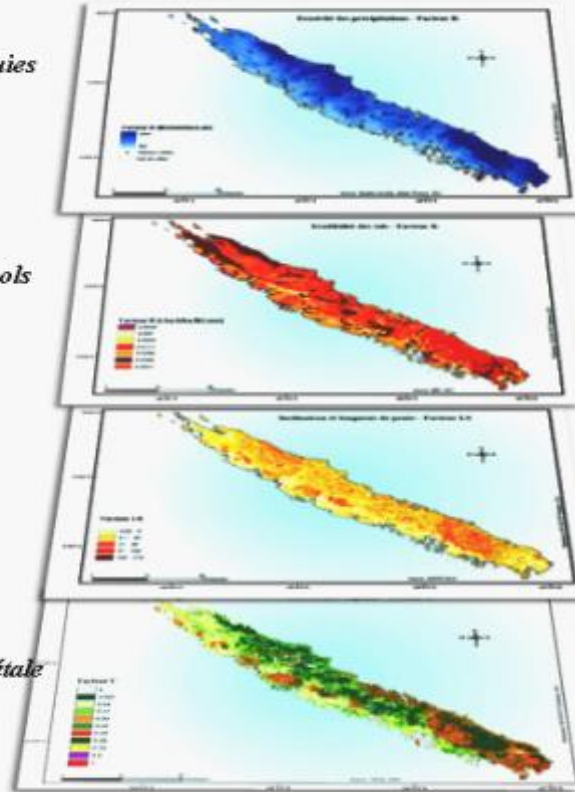
Spatialisation des pertes de sols potentielles (RULSE)

R : érosivité des pluies

K : érodibilité des sols

LS : topographie

C : couverture végétale



Une perte en terre de 50 t/ha.an
= un décapage de 3.3 mm sur 1 m²

- 0 à 12 T/Ha/an : faible sensibilité à l'érosion
- 12 à 50 T/Ha/an : sensibilité à l'érosion moyenne
- 50 à 150 T/Ha/an : forte sensibilité à l'érosion
- >150 T/Ha/an : très forte sensibilité à l'érosion

Résultats principaux:

- Valeurs comprises entre 0 et + 1000 t/ha.an
- Moyenne : 68,5 t/ha.an
- 60% des pixels ont des pertes inférieures à 12 t/ha.an (localisés sur la plaine littorale qui subit des pertes en sols faibles)

- Erosion la plus forte au niveau de la Chaîne Centrale sur les massifs miniers avec des valeurs > 150 t/ha.an
- Les zones de forte érosion Fortes pluies (2 000 mm/an) / Fortes pentes/ Sols fragiles et couverture végétale trop dispersée

→ Limites intrinsèques du modèle :

- Ne s'applique qu'à l'érosion en nappe puisque la source d'énergie est la pluie. **Ne concerne pas l'érosion linéaire** (courantes dans les paysages calédoniens), ni l'érosion en masse.
- La cartographie simule uniquement la production potentielle de sédiments. **Les zones de dépôts n'apparaissent pas.** Il s'agit bien de valeurs de **production de pertes en sol potentielles**
- Modèle empirique développé en dehors de son contexte géographique : **problèmes d'échelle peuvent se poser + valeurs faussées sur des terrains avec des pentes > à 40°** où le ruissellement est une source d'énergie + grande que les pluies
- Pas de prise en compte des pratiques antiérosives
- **Nécessité de calibrer** le modèle localement (constitution de parcelles d'érosion)

→ Même si la validité des pertes en sols de RULSE soit sujette à discussion cette spatialisation constitue un véritable outil d'aide à la décision :

- Permet aux décideurs et aménageurs de suivre l'impact de l'utilisation des sols et leurs aménagements
- Permet l'élaboration de scénarios de perte en sols en fonction des changements d'occupation du sol (feux de brousse, aménagements miniers...)
- Actuellement : la seule cartographie à l'échelle de la Grande Terre disponible
- Ce ne sont pas les valeurs qui sont importantes, mais la distribution spatiale du phénomène



ESTIMATION ET DISTRIBUTION SPATIALE DE LA PERTE EN SOL



Au-delà d'améliorer la qualité du modèle, réel intérêt à relancer cette modélisation car 4 paramètres en entrée sur 5 ont évolués

- C (couvert végétal) : MOS réactualisé sur la province Sud
- LS (topographie) : **MNT 10 m ou amélioré en 2012** + localement possible intégration de données LIDAR
- K (érodibilité des sols) : mise à jour de la carte géologique 1/50 000 donnant des informations intéressantes sur les formations superficielles
- R (érosivité des pluies) : modélisation Météo NC réactualisée (pluies extrêmes et cumuls mensuels/annuels)



La variabilité de la modélisation (évolution, du modèle, données en entrée) semble rendre difficile la constitution d'un T 0 d'un suivi de l'estimation et de la distribution spatiale de la perte en sol



ÉLÉMENTS DE DISCUSSION ET UNE RECHERCHE DE SYNERGIES

Un constat est-il partagé ?

Bcp d'initiative, d'expertise, de compétences, d'intervenant...

....mais un phénomène nécessitant une meilleure caractérisation (zonage, production sédimentaire) notamment à l'échelle provinciale

Les approches proposées semblent-elles adaptées ?

- Cartographie de référence des formes érosives
- Estimation fiable et actualisée de la perte en sol

Deux approches complémentaires à mettre en œuvre ?

Des outils à définir et à mettre en place conjointement ?

- avec quels acteurs et rôles associés ?
- selon quelles modalités ?



DES ÉLÉMENTS DE DÉBAT ET UNE RECHERCHE DE SYNERGIES

- Cartographie des formes érosives

Produit homogène sur l'ens de la PS? Nomenclature/précision différente selon les zones à enjeux ?

Avec quelle nomenclature et quelle échelle de restitution ?

Avec quelle fréquence (décennale, post événement) ?

Avec quels acteurs (moteurs et contributeurs) autour du projet ?

- Estimation et distribution spatiale de la perte en sol

Comment l'améliorer la modélisation actuelle?

Comment la valider ?

Comment l'actualiser ?

Avec quels acteurs (moteurs et contributeurs) autour du projet ?

