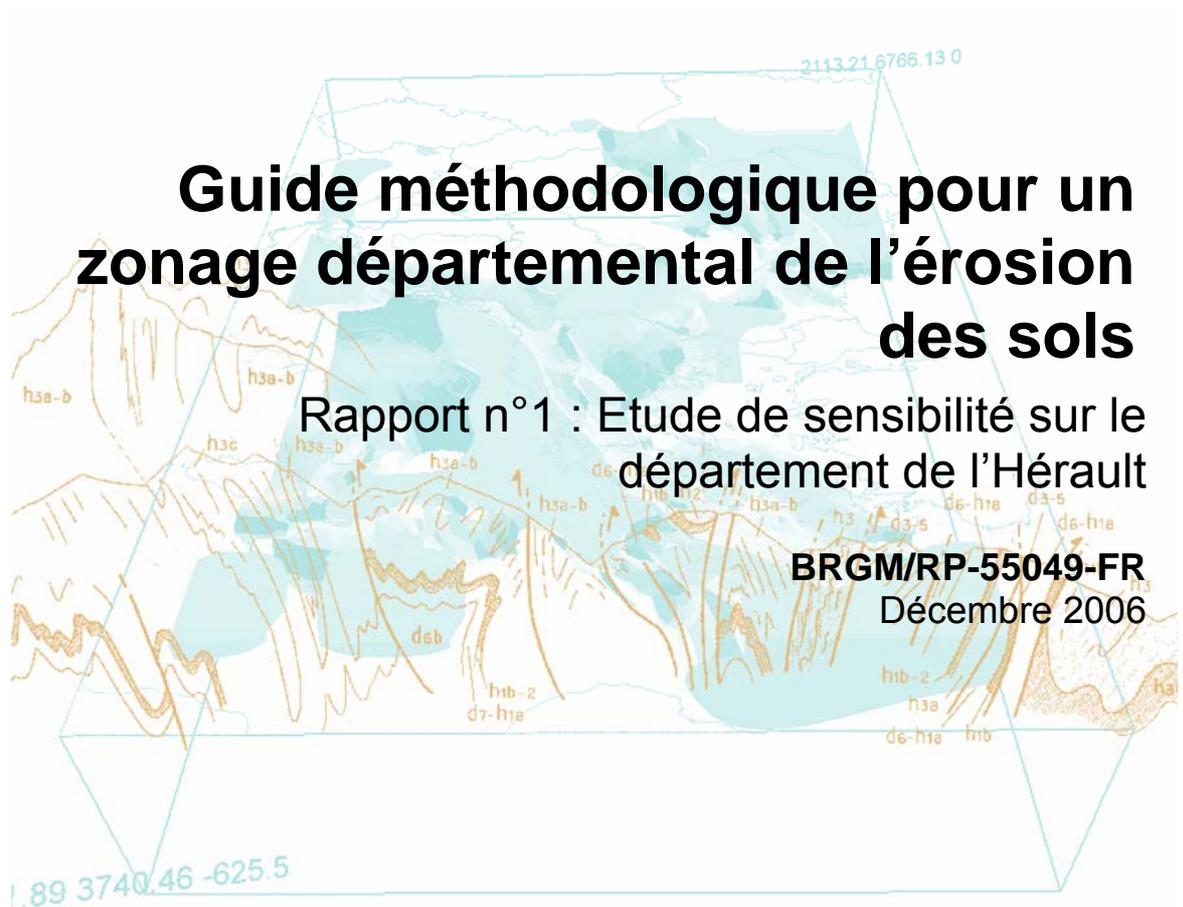




Guide méthodologique pour un zonage départemental de l'érosion des sols

Rapport n°1 : Etude de sensibilité sur le département de l'Hérault

BRGM/RP-55049-FR
Décembre 2006



Guide méthodologique pour un zonage départemental de l'érosion des sols

Rapport n°1 : Etude de sensibilité sur le département
de l'Hérault

BRGM/RP-55049-FR
Décembre 2006

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM 2006 06RISZ02

J.F. Desprats, A. Bourguignon, O. Cerdan, Y. Le Bissonais, A. Colmar

Vérificateur :

Nom : C. Oliveros

Date :

Signature :

Approbateur :

Nom : H. Modaressi

Date :

Signature :

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000,



Mots clés : Zonage de l'érosion, Hérault, modèle départemental

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante : J.F. Desprats, A. Bourguignon, O. Cerdan, Y. Le Bissonnais, A. Colmar, 2006. Guide méthodologique pour un zonage départemental de l'érosion des sols. Rapport BRGM-RP-55049, 67 pp., 61 ill..

© BRGM, 2006, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Le parlement français a voté la loi du 30 juillet 2003 (n°2003-699) visant à mettre en œuvre des mesures de lutte contre l'érosion des sols. Le décret n°2005-117 paru le 12 février 2005 a précisé les termes de cette loi en indiquant **notamment la nécessité de « réaliser un zonage des risques d'érosion » sous la responsabilité des préfets**. De ce fait, on constate une multiplication récente d'essais de zonage par des organismes publics ou des bureaux d'études privés. La diversité des méthodes et le manque de validation des approches proposées posent le problème de l'harmonisation et de la fiabilité de ces méthodes.

Cette étude, financée par le **Ministère de l'Ecologie et du Développement durable**, a donc pour but de définir un cahier des charges pour l'établissement d'un zonage de l'aléa érosion à l'échelle départementale. Pour cela le projet s'est basé sur la méthodologie élaboré par l'Institut National de Recherches Agronomiques qui visait à cartographier le risque « Erosion des Sols » sur l'ensemble du territoire français, à l'échelle du 1/1.000.000. Plusieurs étapes ont été nécessaires pour atteindre cet objectif :

- tout d'abord, une étude de synthèse afin de définir le contexte général ; tant au niveau législatif, notamment en ce qui concerne les récentes avancées de la directive cadre européenne sur la conservation des sols, qu'au niveau technique sur les différentes approches de modélisation existantes ;
- une étude technique pour définir la structure et la paramétrisation les plus adaptées en s'appuyant sur deux cas tests déjà documentés, les départements de l'Oise et de l'hérault.

Les résultats des ces travaux sont présentés dans trois rapports, un par étude départementale et le troisième qui rassemble les notes de synthèse et la conclusion générale. Le présent rapport reprend les résultats obtenus sur le département de l'Hérault où une série de test de sensibilité ont été produits pour optimiser la paramétrisation du modèle dans l'optique d'un zonage à l'échelle départementale. Plus spécifiquement, nous avons testé les apports et la pertinence :

- d'une amélioration de la résolution du modèle numérique de terrain,
- d'une amélioration du critère pente par la prise en compte de l'aire drainée (brute, ou bien pondérée par l'occupation du sol, issue du modèle STREAM),
- d'une carte des sols validée à l'échelle régionale (1/250.000 BD Sols) pour calculer les paramètres érodibilité et battance,
- de données pluviométriques adaptées au contexte local (pluies d'automne en contexte cévenol).

Dans un deuxième temps, une validation a été réalisée sur la base d'une expertise locale des Conseillers Agricoles de la Chambre Départementale d'Agriculture de l'Hérault).

Sommaire

1. Méthodologie	9
1.1. RAPPEL DE LA METHODOLOGIE NATIONALE.....	9
1.2. DE LA METHODOLOGIE NATIONALE VERS UNE ADAPTATION DEPARTEMENTALE.....	13
2. Réalisation et analyse des scenarii	15
2.1. LES PARAMETRES TOPOGRAPHIQUES	15
2.1.1. Influence de la résolution du MNT	16
2.1.2. Influence du calcul de l'aire drainée	26
2.2. LE COUVERT VEGETAL	33
2.2.1. Evolution de l'occupation du sol entre 1990 et 2000	34
2.2.2. Intérêt de la résolution SPOT pour l'occupation du sol	39
2.2.3. Conclusion partielle	43
2.3. MISE A JOUR DU PARAMETRE SOL	43
2.4. ALEA EROSION	45
2.4.1. Données prises en compte au niveau national.....	45
2.4.2. Données pluviométriques intégrées	46
2.4.3. Calcul de l'aléa érosion	48
3. Validation.....	51
3.1. CONFRONTATION AU FICHIER DE DECLARATIONS CATNAT	51
3.2. VALIDATION PAR EXPERTISES LOCALES	53
3.3. CONFRONTATION AUX CARTES D'ALEA PRODUITES	55
3.3.1. Territoire couvert par la compétence des experts	55
3.3.2. Analyse des réponses	56
3.3.3. Conclusion partielle	60
4. Conclusion	61
5. Remerciements	63
6. Bibliographie.....	65

Liste des illustrations

Illustration 1 : Présentation de la méthode actuelle de calcul de l'aléa érosion (INRA)	9
Illustration 2 : Carte des paramètres de base (INRA)	10
Illustration 3 : Arbre de décision (INRA)	11
Illustration 4 : D'après la cartographie de l'Aléa Erosion au 1/1.000.000 (INRA)	12
Illustration 5 : Tableau des senarii.....	14
Illustration 6 : Présentation de la méthode d'analyse de l'influence de la résolution du MNT	16
Illustration 7 : Répartition des surfaces en fonction de la classe de pente pour deux cartes de MNT aux résolutions de 50 m et 250 m.....	17
Illustration 8 : Différence entre les cartes de pentes 250m et 50m	18
Illustration 9 : Carte de pentes issues des MNT 250m (gauche) et 50m (droite).....	18
Illustration 10 : Localisation des BV de la Boyne et de la Payne	19
Illustration 11 : Répartition des surfaces en fonction de la classe de pente pour la carte de MNE à la résolution de 20 m	19
Illustration 12 : Carte de pentes issues des MNT IGN 50 m (gauche) et du MNE SPOT 20 m (droite)	20
Illustration 13 : Ecart entre les classes de pente issues des MNT 250m, MNT 50m et MNE 20m (sur l'emprise Spot).	21
Illustration 14 : Répartition des surfaces en fonction des sensibilités à l'érosion obtenues pour deux cartes de MNT aux différentes résolutions 250 et 50 m.....	22
Illustration 15 : Sensibilité à l'érosion : scénario n°1 de base -MNT 50 m- à gauche, scénario n°4 -MNT 250- à droite	23
Illustration 16 : Différence scénario 4 – scénario 1	23
Illustration 17 : Nombre de classes d'écart entre les sensibilités à l'érosion obtenues pour deux cartes de MNT aux résolutions différentes.....	24
Illustration 18 : Ecart entre classes de sensibilité à l'érosion obtenues avec les résolutions 250 et 50 m et avec le MNE 20 m.(scenarii 4, 1 et 5).....	25
Illustration 19 : BV Boyne+Payne : Sensibilité à l'érosion - de gauche à droite à partir du MNT 250 m, du MNT 50 m, du MNE 20 m.....	25
Illustration 20 : Pondération des pentes par (1) l'aire drainée (2) l'aire ruisselante	27
Illustration 21 : Carte des pentes (gauche), pentes pondérée par l'aire drainée (centre), pentes pondérées par aire ruisselante (droite).....	28
Illustration 22 : Répartition des surfaces en fonction du facteur de pente obtenu à partir de différentes méthodes de calcul (pentes, aire drainée, aire ruisselante).....	29
Illustration 23 : Nombres de classes d'écart entre les facteurs de pente obtenus à partir de différentes méthodes de calcul de l'aire drainée codée selon l'INRA	29
Illustration 24 : Sensibilité à l'érosion à partir des pentes (gauche), des pentes pondérées par l'aire drainée (centre), des pentes pondérées par aire ruisselante (droite)	30

Illustration 25 : Répartition des surfaces en fonction des sensibilités à l'érosion obtenues à partir de différentes méthodes de calcul de l'aire drainée codée selon l'INRA	31
Illustration 26 : Répartition du nombre de pixels en fonction des sensibilités à l'érosion obtenues à partir de différentes méthodes de calcul de l'aire drainée (codification selon INRA).....	32
Illustration 27 : Nombres de classes de sensibilité à l'érosion d'écart obtenues à partir de différentes méthode de calcul de l'aire drainée codée selon l'INRA.....	32
Illustration 28 : Scénarii Occupation du sol.....	33
Illustration 29 : Corine Land Cover 1990 et 2000	34
Illustration 30 : Occupation du sol Corine Land Cover 2000 et 1990.	35
Illustration 31 : Evolution des zones urbanisées entre 1990 et 2000 (en noir).....	35
Illustration 32 : Principales évolutions entre 1990 et 2000	36
Illustration 33 : Sensibilité à l'érosion avec Corine 1990 (gauche)et 2000 (droite).....	37
Illustration 34 : Sensibilité à l'érosion avec Corine Land Cover 2000 (scen. 10) et 1990 (scen. 8)	37
Illustration 35 : différence Scenario 8 (1990) – Scenario 10 (2000)	38
Illustration 36 : Variation de sensibilité entre les deux différentes cartes issues de Corine Land Cover 2000 et 1990.....	39
Illustration 37 : Classification de l'occupation du sol SPOT (2002)	40
Illustration 38 : Répartition des surfaces des cartes de l'occupation du sol en fonction de Corine Land Cover 2000 et classification de l'image Spot	40
Illustration 39 : Gauche : scenario 10 (Corine 2000) / Droite : scenario 12 (SPOT).....	41
Illustration 40 : Variation de la sensibilité entre les deux scenarii « Corine Land Cover 2000 » et « classification de l'image Spot »	42
Illustration 41 : Evolution de la sensibilité (en classes) entre Corine Land Cover 2000 et la classification de l'image Spot	42
Illustration 42 : Battance (droite) et érodibilité (gauche) à partir de la carte pédologique au 1/1.000.000	43
Illustration 43 : Battance à partir de la BD Sols Languedoc-Roussillon	44
Illustration 44 : Erodibilité à partir de la BD Sols Languedoc-Roussillon.....	44
Illustration 45 : Intensité X Hauteur de pluie sur l'Hérault : de gauche à droite : hiver, printemps, été, automne	45
Illustration 46 : Cevennes - Gradex et moyennes mensuelles centrées réduites en fonction des mois pour 6 pas de temps (source A. Kieffer Weisse , 1998, thèse INPG Grenoble)	46
Illustration 47 : Pluviométrie : (1) : quintile automne étude nationale, (2) pluie journalière maximale période de retour 2 ans, (3) : pluie journalière maximale période de retour 5 ans.....	47
Illustration 48 : Scenarii proposés pour le calcul du Risque Erosion	48

Illustration 49 : Aléa Erosion 1/250.000.....	48
Illustration 50 : Aléa érosion (Scenario14) avec la pluie journalière maximale /Période de retour 2 ans.....	49
Illustration 51 : Aléa Erosion (Scenario15) avec la pluie journalière maximale /Période de retour 5 ans.....	49
Illustration 52 : Répartition des surfaces des cartes d'aléa calculées à l'aide de trois cartes météo différentes : t = 2 ans et t = 5 ans.....	50
Illustration 53 : Déclations « coulées boueuses » - fichier CATNAT/MEDD	52
Illustration 54 : Densité de la population (source INSEE)	52
Illustration 55 : Questionnaire de validation.....	54
Illustration 56 : Couverture du département par les Conseillers Agricoles de la CA34	55
Illustration 57 : Classement des critères selon les experts	56
Illustration 58 : Classement de la saison la plus sensible	56
Illustration 59 : Classement des types d'occupation les plus sensibles	57
Illustration 60 : Report des zones sur lesquelles des indices d'érosion ont été observés (1 couleur par expert)	58
Illustration 61 : Représentation des différences ponctuelles.....	59

1. Méthodologie

1.1. RAPPEL DE LA METHODOLOGIE NATIONALE

La méthodologie définie par l'INRA pour la cartographie de l'aléa érosion en France est basée sur un arbre de décision bâti à partir des connaissances d'experts agronomes et pédologues (Illustration 1).

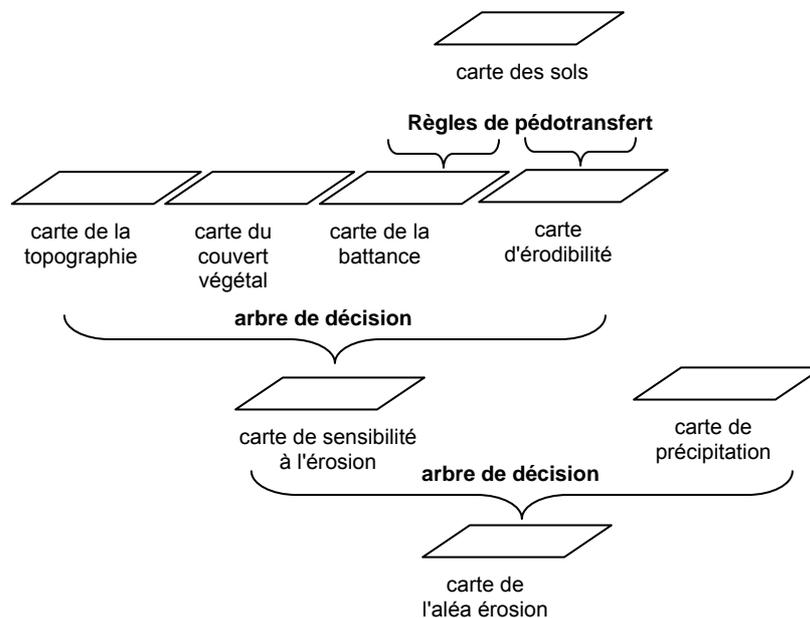


Illustration 1 : Présentation de la méthode actuelle de calcul de l'aléa érosion (INRA)

Les critères pris en compte (Illustration 2) sont :

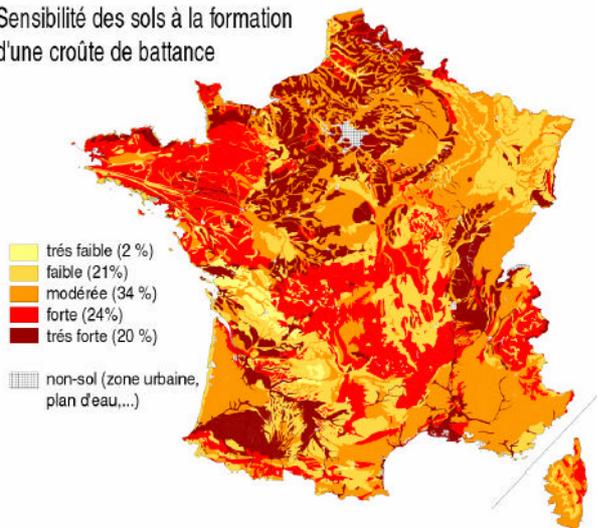
- l'occupation du sol,
- l'érodibilité et la battance obtenues à l'aide de règles de pédo-transfert ,
- les pentes,
- les précipitations.

Dans cette démarche, quatre cartes intermédiaires sont nécessaires pour dresser la carte de la sensibilité à l'érosion. Chacune de ses cartes représente un nœud du modèle. Elles concernent le couvert végétal, l'érodibilité, la battance et la topographie. Les cartes d'érodibilité et de la battance sont obtenues en appliquant différentes règles de pédo-transferts. Un cinquième critère sera ajouté aux quatre premiers pour

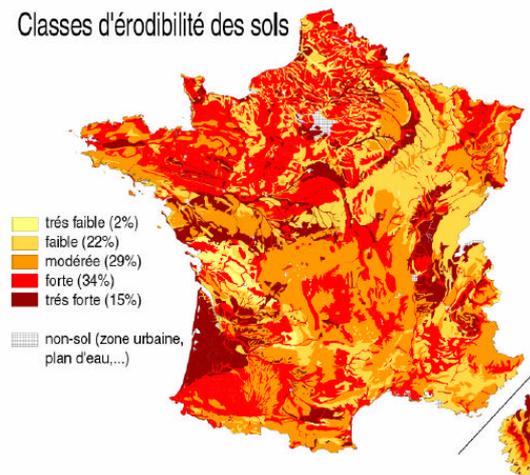
représenter l'action de la pluie. Cette carte correspond au dernier nœud de l'arbre de décision et permet de dresser la carte de l'aléa érosion.

Les restitutions cartographiques ont alors été proposées par commune, par canton, et par petite région agricole.

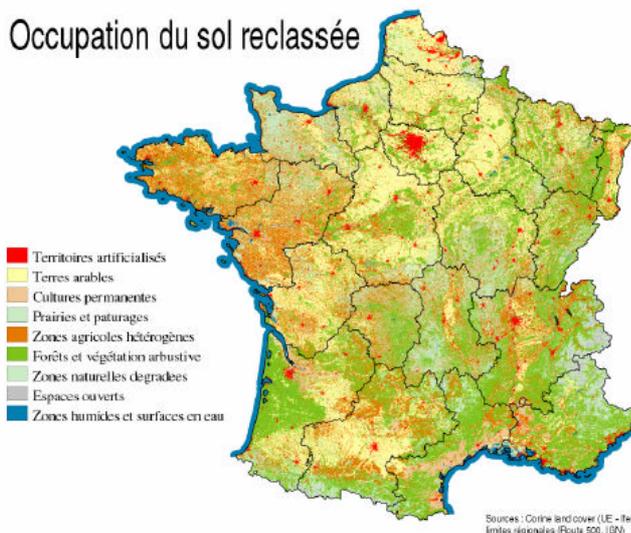
Sensibilité des sols à la formation d'une croûte de battance



Classes d'érodibilité des sols



Occupation du sol reclassée



Classes de pentes

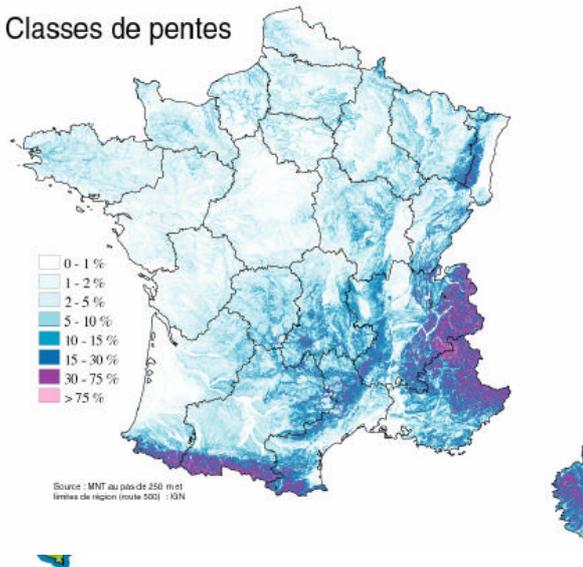
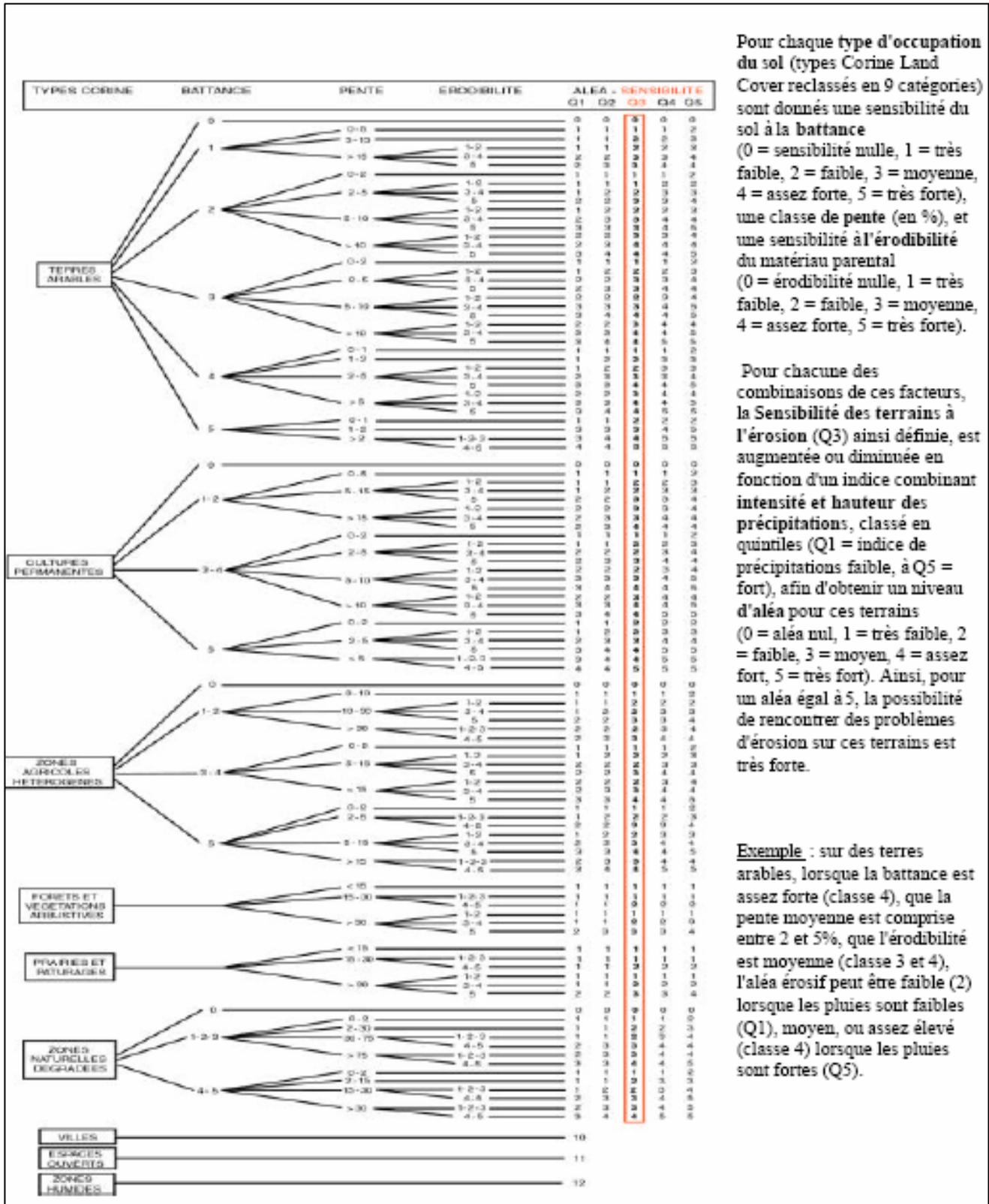


Illustration 2 : Carte des paramètres de base (INRA)

Ces critères sont alors intégrés dans un modèle de type système expert (Illustration 3), où à chaque situation correspond un niveau d'aléa érosion, et ce pour chaque saison. L'application de ce modèle au territoire métropolitain conduit à 4 cartes saisonnières de l'aléa Erosion (Illustration 4).



Pour chaque type d'occupation du sol (types Corine Land Cover reclassés en 9 catégories) sont données une sensibilité du sol à la battance (0 = sensibilité nulle, 1 = très faible, 2 = faible, 3 = moyenne, 4 = assez forte, 5 = très forte), une classe de pente (en %), et une sensibilité à l'érodibilité du matériau parental (0 = érodibilité nulle, 1 = très faible, 2 = faible, 3 = moyenne, 4 = assez forte, 5 = très forte).

Pour chacune des combinaisons de ces facteurs, la Sensibilité des terrains à l'érosion (Q3) ainsi définie, est augmentée ou diminuée en fonction d'un indice combinant intensité et hauteur des précipitations, classé en quintiles (Q1 = indice de précipitations faible, à Q5 = fort), afin d'obtenir un niveau d'aléa pour ces terrains (0 = aléa nul, 1 = très faible, 2 = faible, 3 = moyen, 4 = assez fort, 5 = très fort). Ainsi, pour un aléa égal à 5, la possibilité de rencontrer des problèmes d'érosion sur ces terrains est très forte.

Exemple : sur des terres arables, lorsque la battance est assez forte (classe 4), que la pente moyenne est comprise entre 2 et 5%, que l'érodibilité est moyenne (classe 3 et 4), l'aléa érosif peut être faible (2) lorsque les pluies sont faibles (Q1), moyen, ou assez élevé (classe 4) lorsque les pluies sont fortes (Q5).

Illustration 3 : Arbre de décision (INRA)

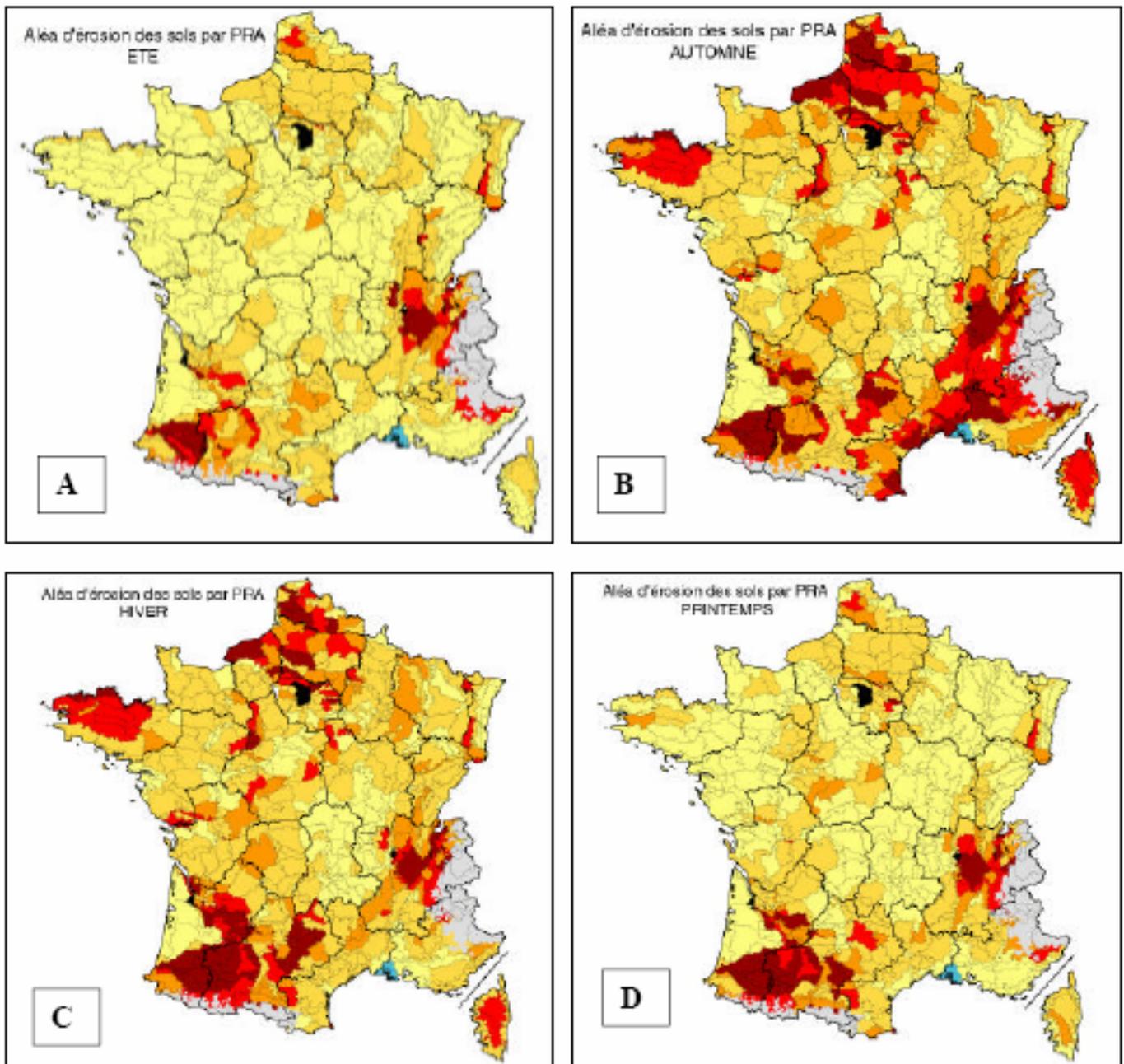


Illustration 4 : D'après la cartographie de l'Aléa Erosion au 1/1.000.000 (INRA)

1.2. DE LA METHODOLOGIE NATIONALE VERS UNE ADAPTATION DEPARTEMENTALE

Il n'est pas envisageable d'extrapoler les cartographies produites au 1/1.000.000 à l'échelle d'un département, c'est-à-dire à des échelles allant du 1/150.000 au 1/250.000.

L'approche départementale à réaliser vise plusieurs objectifs :

1. intégrer des données plus précises et en évaluer l'impact : le MNT IGN à 50m, les données pluviométriques au pas d'un kilomètre, la carte des sols au 1/250.000 (érodibilité et battance) ;
2. évaluer l'apport d'une approche plus dynamique, où la carte des pentes, serait remplacée soit par l'aire drainée (calculée à l'aide des fonctions hydrologiques d'ArcGis), soit par l'aire drainée pondérée par l'occupation du sol.

Par ailleurs, sur la zone beaucoup plus localisée des bassins versants de la Peyne et de la Boyne, dans la vallée de l'Hérault, des tests ont été réalisés afin de voir l'apport de données haute résolution issues d'observation satellitaire de la Terre (Modèle Numérique d'Élévation ou MNE SPOT à 20 m de résolution, cartographie de l'occupation du sol issue d'une classification d'images SPOT à 5m de résolution).

La prise en compte progressive de ces paramètres, dans un strict respect de la méthodologie définie par l'INRA a permis de générer une série de scénarii.

Ces scénarii sont alors comparés un à un, afin d'évaluer l'impact du changement d'un critère sur la cartographie et de pouvoir définir le jeu de paramètre optimal pour une cartographie départementale de l'aléa érosion. L'illustration 5 montre les différents scénarii réalisés en faisant varier la résolution (impact du MNT), l'occupation du sol (Corine Land Cover CLC), les données pédologiques, et les données météorologiques.

Scenarii	Résolution	MNT			Corine			Sols		Sensibilité à l'érosion	Météo			Aléas
		classe pente	Aire draine codée	Aire draine stream codée	Corine 1990	Classif Spot	Corine 2000	battance 1/250000	Erodibilité 1/250000		ω	Annuel	2 ANS	
1	50 m	X					X	X	X	1				
8	50 m		X		X			X	X	1				
9	50 m			X			X	X	X	1				
10	50 m		X				X	X	X	1				
13 (16)	50 m		X				X	X	X		X			2
14	50 m		X				X	X	X			X		1
15	50 m		X				X	X	X				X	1
4	250 m	X					X	X	X	1				
5	20 m	X					X	X	X	1				
11	20 m		X				X	X	X	1				
12	20 m		X			X		X	X	1				

	Influence de la résolution
	Influence de l'aire drainée
	Influence du couvert végétal
	Influence de la météo

Illustration 5 : Tableau des senarii

L'analyse de sensibilité du modèle a consisté en la comparaison de plusieurs cartes de sensibilité des paramètres. Chacune de ces cartes a été construite en changeant un paramètre (pentes, occupation du sol, battance ou érodibilité). Les cartes de sensibilité finales ainsi que les cartes intermédiaires ont été comparées entre elles.

2. Réalisation et analyse des scénarii

2.1. LES PARAMETRES TOPOGRAPHIQUES

L'influence de la résolution de la carte du modèle numérique de terrain (MNT) ainsi que celle du calcul de l'aire drainée ont été étudiées.

En effet, on peut penser que la prise en compte de données plus précises, à des échelles plus grandes va améliorer la précision finale de la cartographie de l'aléa érosion. Il convient de voir jusqu'à quel niveau l'amélioration de la résolution est réalisable, au vu des données de base disponibles.

En ce qui concerne l'aire drainée, il s'agit là d'une amélioration méthodologique proposée afin de prendre en compte la dynamique des écoulements que la seule carte des pentes n'intègre pas.

Le modèle national utilise le MNT ayant une résolution de 250 X 250 m (MNT IGN)

Dans la présente étude, les données utilisées sont :

1. le MNT à 250m de résolution (reéchantillonné à 50 m via ArcGis) – **scenario 4** -
2. le MNT IGN à 50m – **scenario 1** -
3. le MNE SPOT à 20m de résolution pour le test local sur les zones de la Peyne et de la Boyne – **scenario 5** -

Par ailleurs au niveau méthodologie, seront comparées :

1. la carte des pentes « classique », issue du MNT 50 m – **scenario 1** -
2. l'aire drainée calculée à l'aide de la fonction hydrologique d'ArcView 9.1 – **scenario 10** -
3. l'aire drainée pondérée par l'occupation du sol, calculée à l'aide du modèle d'écoulement STREAM (Cerdan et al., 2002) – **scenario 9** –. On parlera de l'aire drainée STREAM.

L'illustration 6 montre que les scénarii 1, 4, 5, 9, 10 et 11 sont réalisés en changeant uniquement le paramètre topographique (résolution du MNT, combinaison ou non de la pente avec l'aire drainée ou l'aire drainée ruisselante).

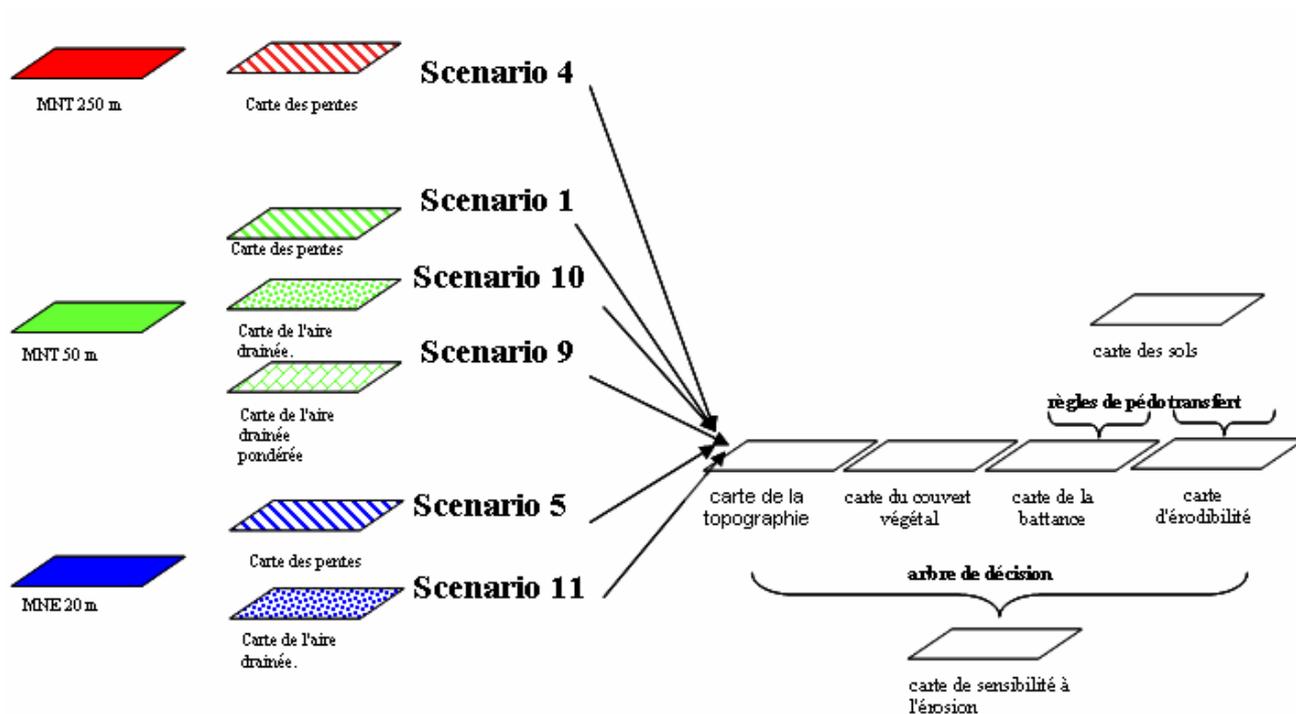


Illustration 6 : Présentation de la méthode d'analyse de l'influence de la résolution du MNT

2.1.1. Influence de la résolution du MNT

Les trois données représentant l'altitude sont donc les MNT IGN à 250m (utilisée pour la méthodologie nationale), le MNT 50m IGN, et le MNE SPOT.

De la résolution de 250m à la résolution de 50m

Deux cartes de pentes (pourcentages) calculées sous ArcGis 9.1 issues des MNT 50m et 250m ont été comparées. La carte des pentes en pourcentage a fait l'objet d'une reclassification en huit classes selon le modèle expert de l'INRA :

- Classe 1 : pentes de 0 à 1 %,
- Classe 2 : pentes de 1 à 2 %,
- Classe 3 : pentes de 2 à 5 %,
- Classe 4 : pentes de 5 à 10 %,
- Classe 5 : pentes de 10 à 15 %,
- Classe 6 : pentes de 15 à 30 %,
- Classe 7 : pentes de 30 à 75 %,
- Classe 8 : pentes supérieures à 75 %.

L'illustration 7 montre les différentes répartitions des pixels dans les classes de pente en fonction de la résolution du MNT initial.

Classe de pente	Pente	Résolution 50 m		Résolution 250 m	
		Surface Km ²		Surface Km ²	
1	< 1 %	588.3	9 %	965.3	15 %
2	1 – 2 %	539.6	9 %	728.3	12 %
3	2 – 5 %	1173.4	19 %	1601.6	25 %
4	5 – 10 %	1085.5	17 %	1222.7	19 %
5	10 – 15 %	637.2	10 %	660.5	10 %
6	15 – 30 %	1105.4	18 %	894.8	14 %
7	30 – 75 %	926.3	15 %	239.4	4 %
8	> 75 %	18.3	0 %	0.9	0 %
Moyenne			4.28		3.56

Illustration 7 : Répartition des surfaces en fonction de la classe de pente pour deux cartes de MNT aux résolutions de 50 m et 250 m

La surface réelle du département de l'Hérault est de 6247 km². La différence provient des surfaces en eau (étangs littoraux) qui ne sont pas pris en compte, ainsi que des effets de bordure.

Plus la résolution de la carte de MNT est faible, plus le nombre de pixels classés dans les premières catégories est important. Ainsi, la surface dans la classe 1 varie de 9 % pour une résolution de 50m × 50m à 15 % pour une résolution 250m × 250m. De plus, la moyenne des classes passe de 4.28 à 3.56 lorsque la résolution de la carte passe de 50m × 50m à 250m × 250m.

Cette comparaison confirme que plus la résolution est grossière, moins les pentes fortes sont prises en considération. Ceci est particulièrement vrai dans un département comme celui de l'Hérault. La résolution de 250m lisse le MNT, comme le montre le calcul de la différence entre les 2 cartes de pentes (Illustration 8), qui se traduit en moyenne par 1 classe de moins (-0.84).

En effet, seuls 35 % des surfaces sont identiques (même classe de pente entre les 2 résolutions). Par contre 54 % des surfaces se retrouvent avec le MNT 250m dans une classe de pente de catégorie inférieure (Illustration 8).

Carte résolution 250 m - carte résolution 50 m		
Différence de classe	Surfaces en km ²	
-8	158.6	3 %
-7	5.9	0 %
-6	5.3	0 %
-5	13.1	0 %
-4	61.6	1 %
-3	303.7	5 %
-2	805.2	13 %
-1	1924.7	32 %
Aucune différence	2117.7	35 %
1	574.8	10 %
2	158.0	3 %
3	30.8	1 %
4	5.4	0 %
5	1.1	0 %
6	0.1	0 %
7	0.0	0 %
Total	5996.2	

Illustration 8 : Différence entre les cartes de pentes 250m et 50m.

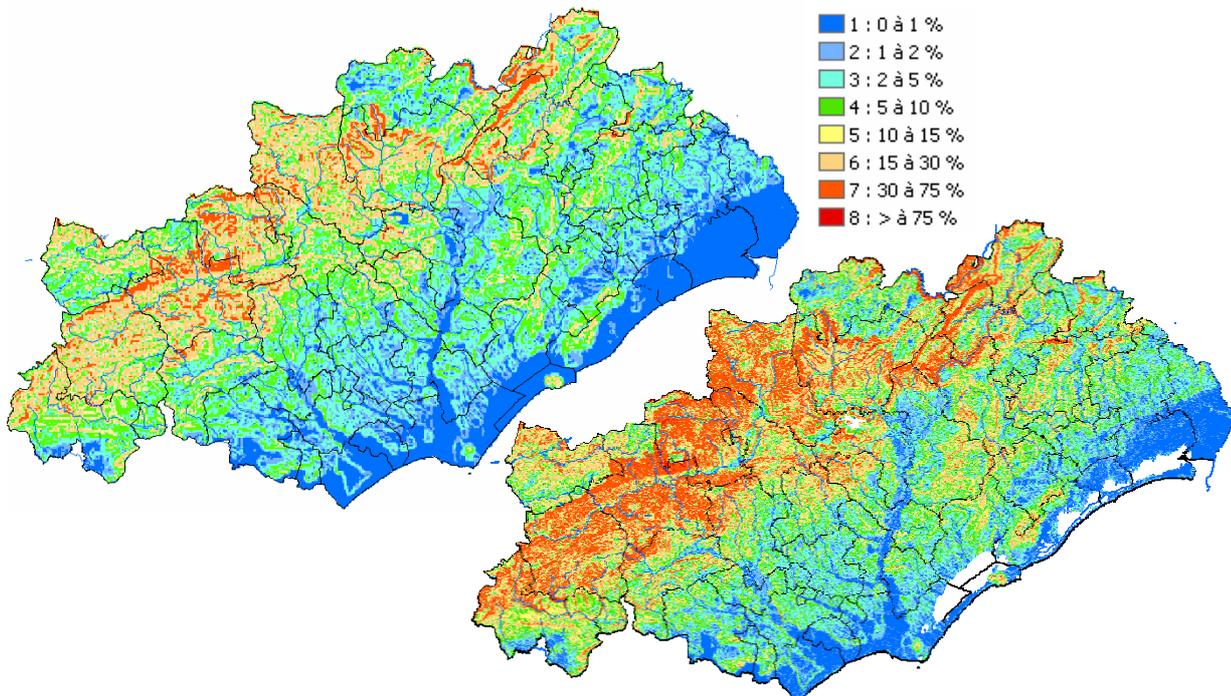


Illustration 9 : Carte de pentes issues des MNT 250m (gauche) et 50m (droite)

Intérêt de la résolution de 20 mètres (MNE SPOT)

Le MNE SPOT à 20m de résolution (la résolution exacte est la seconde d'arc) a été acquis lors d'un précédent projet sur les bassins de la Boyne et de la Peyne, sous-bassins versants du bassin de l'Hérault (Illustration 10).

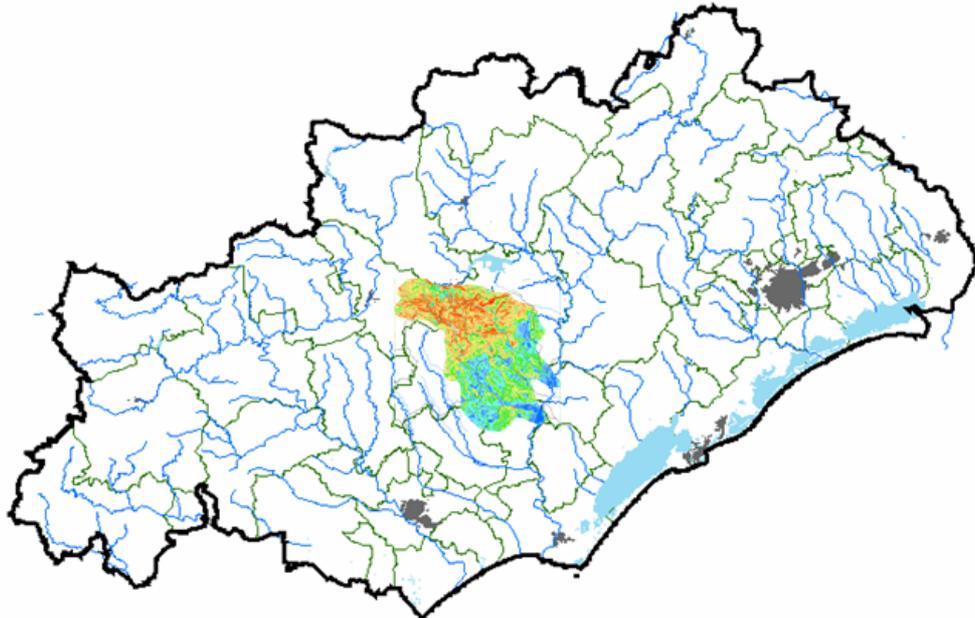


Illustration 10 : Localisation des BV de la Boyne et de la Peyne

Il s'agit d'un Modèle Numérique d'Élévation ; autrement dit l'altitude donnée correspond au sommet de la canopée (ou couverture végétale) ou des constructions (immeubles, ponts, ...).

Classe de pente	Pente	Résolution 20m x 20m	
		Surfaces en km ²	
1	< 1 %	5.1	2 %
2	1 – 2 %	12.8	5 %
3	2 – 5 %	51.1	20 %
4	5 – 10 %	66.5	26 %
5	10 – 15 %	35.8	14 %
6	15 – 30 %	53.7	21 %
7	30 – 75 %	30.7	12 %
8	> 75 %	0.0	0 %
Total		255.6	

Illustration 11 : Répartition des surfaces en fonction de la classe de pente pour la carte de MNE à la résolution de 20 m

Cette zone, à l'exception des exutoires, est assez vallonnée, ce que traduit bien le tableau précédent. Les pentes sont moyennes à fortes. De plus, la précision du MNE évite l'effet de lissage.

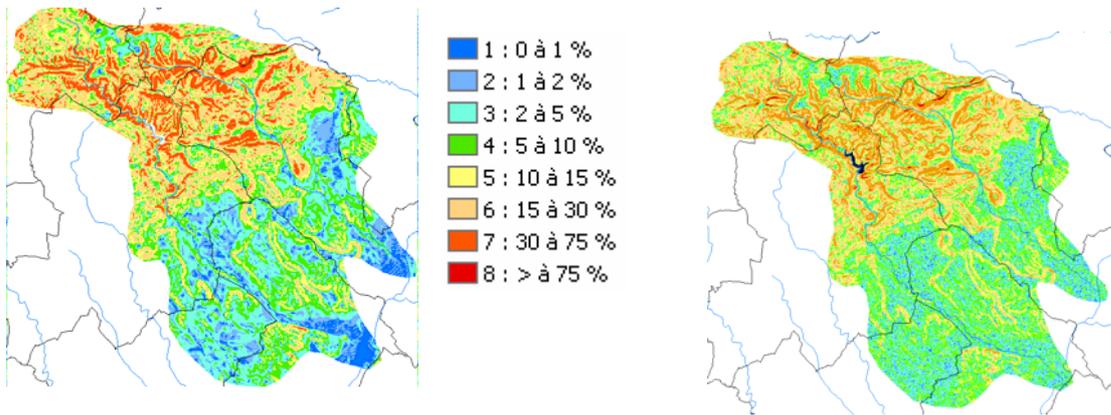


Illustration 12 : Carte de pentes issues des MNT IGN 50 m (gauche) et du MNE SPOT 20 m (droite)

Impact de la résolution sur la carte des pentes

Les cartes de pentes des BV de la Boyne et de la Payne ont été soustraites les unes aux autres pour mieux visualiser les différences dues au changement de résolution. La résolution de la plus petite des cartes (20m) a été prise en compte pour une meilleure précision (Illustration 13).

Différence de classe	Carte 250m - carte 50m		Carte 50m - Carte 20m		Carte 250m - Carte 20m	
	Surface (en km ²)		Surface (en km ²)		Surface (en km ²)	
-6	0.1	0 %	0.0	0 %	0.1	0 %
-5	0.5	0 %	0.1	0 %	0.7	0 %
-4	3.3	1 %	0.7	0 %	4.5	2 %
-3	18.0	7 %	5.7	2 %	24.8	10 %
-2	47.3	19 %	22.3	9 %	57.8	23 %
-1	79.9	31 %	66.7	26 %	80.8	32 %
Aucune différence	73.2	29 %	101.5	40 %	57.4	22 %
1	26.0	10 %	41.0	16 %	21.2	8 %
2	6.0	2 %	13.3	5 %	6.6	3 %
3	1.1	0 %	3.5	1 %	1.5	1 %
4	0.2	0 %	0.7	0 %	0.2	0 %
5	0.0	0 %	0.2	0 %	0.0	0 %
Total	255.6		255.6		255.6	

Illustration 13 : Ecart entre les classes de pente issues des MNT 250m, MNT 50m et MNE 20m (sur l'emprise Spot)

L'effet lissage lié à la résolution est bien confirmé sur le calcul des pentes.

En comparant les deux extrêmes, les résolutions 250m / 20m (facteur d'échelle 12,5), on obtient seulement 22 % de pixels identiques en classe de pentes.

Lorsqu'il s'agit de comparer la résolution 250m et la résolution 50m, seuls 29 % des surfaces se retrouvent dans la même classe de pente. Le facteur est ici de 5.

Le pourcentage passe à 40 % lorsque la comparaison porte sur 20m / 50m, le facteur n'étant plus que de 2.5.

La résolution de 50m semble donc correspondre à un optimum pour une étude à cette échelle (1/150.000), la résolution de 20m apportant une sur-précision que l'on ne retrouvera pas sur les autres critères.

Impact sur les cartes de sensibilité

La carte des pentes est croisée avec celles du couvert végétal, de l'érodibilité et de la battance pour obtenir la carte de sensibilité à l'érosion (Illustration 3).

Classe	Résolution de la carte initiale 50m x 50m		Résolution de la carte initiale 250m x 250m	
	Surfaces (km ²)	%	Surfaces (km ²)	%
1: Sensibilité très faible	2854.9	47 %	3404.2	56 %
2: Sensibilité faible	2346.1	39 %	1981.1	33 %
3: Sensibilité moyenne	279.5	5 %	145.4	2 %
4: Sensibilité forte	57.5	1 %	15.6	0 %
10: Zones urbanisées	376.8	6 %	380.1	6 %
11: Espaces ouverts	30.8	1 %	31.3	1 %
12: Zones humides	69.1	1 %	83.2	1 %
13: Pas d'information	29.9	0 %	24.3	0 %
Total	6044.6	1	6065.3	1

Illustration 14 : Répartition des surfaces en fonction des sensibilités à l'érosion obtenues pour deux cartes de MNT aux différentes résolutions 250 et 50 m

Les « espaces ouverts » dans la nomenclature Corine Land Cover (IFEN) comprennent : les plages, dunes et sables, les roches nues, la végétation clairsemée (badlands), et les zones incendiées.

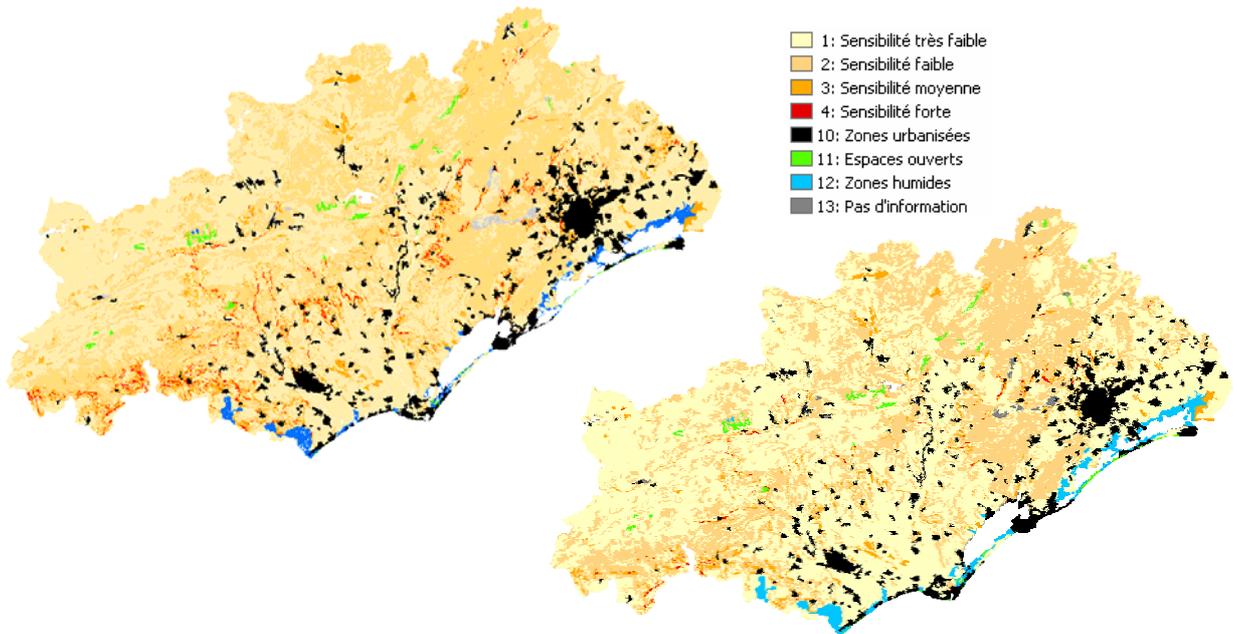


Illustration 15 : Sensibilité à l'érosion : scénario n°1 de base -MNT 50 m- à gauche, scénario n°4 -MNT 250- à droite

La carte de sensibilité à l'érosion intégrant les pentes issues du MNT 250m montre une sensibilité globalement plus faible à l'érosion que sur la carte produite à partir du MNT 50m (Illustration 14, Illustration 15). On retrouve naturellement l'effet de lissage décrit lors du calcul des pentes sur le MNT 250m. Lorsque les pentes sont plus faibles, la sensibilité à l'érosion est plus limitée. Plus de la moitié des pixels (56 %) sont en « sensibilité très faible » tandis que la carte à la résolution la plus fine indique que seuls 46 % des pixels ont un « sensibilité très faible ». A l'inverse, les pixels classés en « sensibilité faible », « moyenne » et « forte » sont plus nombreux dans la carte à résolutions 50m. Ceci confirme les conclusions précédentes : l'utilisation d'un MNT avec un maillage large diminue l'évaluation de l'aléa érosion. Afin de visualiser les changements, la carte à la résolution la plus faible a été soustraite à la carte à la résolution la plus haute (Illustration 16).

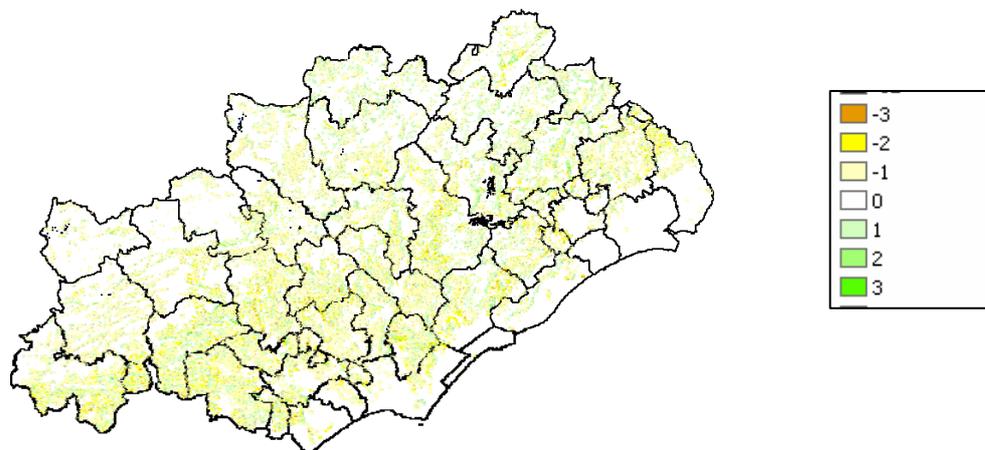


Illustration 16 : Différence scénario 4 – scénario 1

Afin d'améliorer la lisibilité de la carte des différences, un calcul a été réalisé afin d'évaluer l'importance et le sens des changements. (Illustration 17)

Carte 250m - carte 50m		
Différence de classe	Surface en km ²	
-3 classes de différence	6.7	0,1 %
-2 classes de différence	78.3	1,3 %
-1 classe de différence	821.9	13,6 %
Aucune différence	4898.8	81,0 %
1 classe de différence	213.4	3,5 %
2 classes de différence	12.1	0,2 %
3 classes de différence	0.8	0,0 %
Total	6039	

Illustration 17 : Nombre de classes d'écart entre les sensibilités à l'érosion obtenues pour deux cartes de MNT aux résolutions différentes

Logiquement, une forte similitude existe entre les 2 scénarii, la carte des pentes n'étant qu'un des quatre paramètres permettant de calculer la sensibilité à l'érosion : 81 % des surfaces sont identiques. 13,6 % des surfaces augmentent d'une classe de sensibilité quand on passe de la résolution 250m à la résolution 50m. (Par exemple un pixel de « sensibilité moyenne » à 250m passe à une « sensibilité forte » pour 50m de résolution). De plus gros écarts de classe ne concernent que des surfaces beaucoup plus faibles.

Le même exercice a été fait en prenant en compte les résultats obtenus pour la résolution à 20m avec le MNE (Illustration 18) sur les bassins de la Boyne et la Payne.

Différence de classe	Carte 50m - Carte 20m		Carte 250m - Carte 50m		Carte 250m – Carte 20m	
	Surface en km ²		Surface en km ²		Surface en km ²	
-3 classes de différence	0.3	0,1 %	0.2	0,1 %	0.7	0,3 %
-2 classes de différence	3.5	1,4 %	4.0	1,6 %	7.4	2,9 %
-1 classe de différence	40.6	15,9 %	43.4	17,0 %	60.4	23,7 %
Aucune différence	188.8	73,9 %	195.9	76,7 %	175.1	68,5 %
1 classe de différence	20.1	7,9 %	11.1	4,3 %	10.4	4,1 %
2 classes de différence	1.0	0,4 %	0.7	0,3 %	0.5	0,2 %
3 classes de différence	0.1	0.0 %	0.0	0.0 %	0.0	0.0 %
Total	255.4		255.4		255.4	

Illustration 18 : Ecarts entre classes de sensibilité à l'érosion obtenues avec les résolutions 250 et 50 m et avec le MNE 20 m (scenarii 4, 1 et 5)

Comme précédemment, dans les différences observées, le plus fort pourcentage de pixels (entre 15 et 24 %) concerne des différences d'une classe, c'est-à-dire que ces pixels augmentent d'une classe de sensibilité quand on passe d'une résolution forte à une résolution plus faible.

Les différences observées se traduisent logiquement sur l'illustration 19, avec des sensibilités fortes qui deviennent plus importantes lorsque la résolution s'affine.

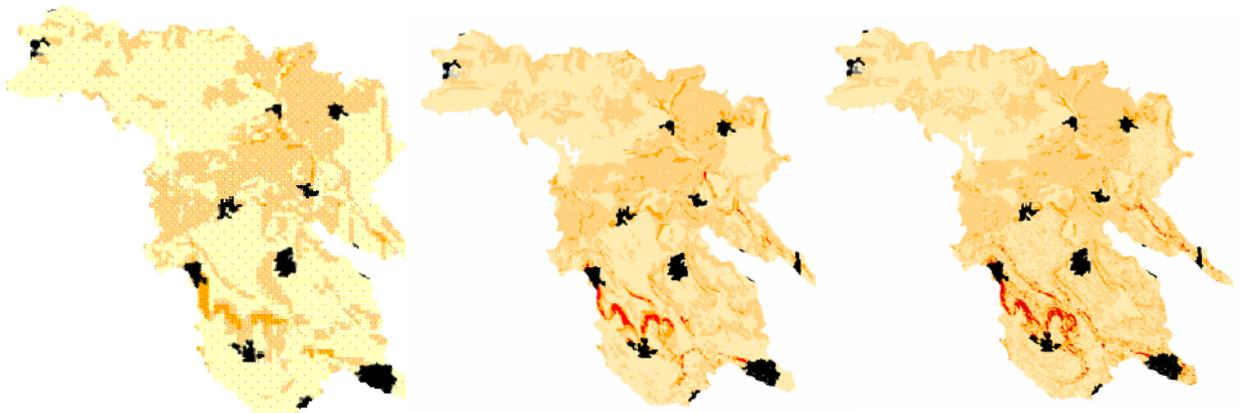


Illustration 19 : BV Boyne+Peyne : Sensibilité à l'érosion - de gauche à droite à partir du MNT 250 m, du MNT 50 m, du MNE 20 m

Conclusion partielle : impact de la résolution du MNT

Cette première partie montre que l'utilisation d'un MNT précis a tendance à augmenter la classe d'aléa érosion. En effet, le MNT étant moins lissé, les pentes fortes ressortent davantage, ce qui se traduit dans l'arbre de décision par une sensibilité à l'érosion plus

élevée (plus de 60 % de la surface du département change de classe de pente quand on passe du MNT à 250 m au MNT à 50 m de résolution).

Cependant, les pentes n'étant qu'un des 4 facteurs pris en compte dans le calcul de la sensibilité (5 pour le calcul de l'aléa), les différences observées sur les cartographies finales de la sensibilité à l'érosion sont moindres que celles mises en valeur sur les cartes de pentes (On passe de 60 à 20 % de modification).

La résolution de 50 m du MNT IGN apparaît indispensable pour un transfert de la méthodologie nationale à un niveau départemental. Ceci est particulièrement vrai dans le département de l'Hérault, au relief contrasté, entre les plaines du Languedoc et les piémonts des Cévennes et du Haut-Languedoc.

2.1.2. Influence du calcul de l'aire drainée

Comparaison avec la pente

La carte des pentes est calculée à l'aide des fonctions classiques disponibles sur les SIG tel qu'ArcGis. Pour un pixel donné, la valeur de pente affectée à ce pixel est la pente maximale par rapport aux huit pixels qui l'entourent.

La prise en considération de l'aire drainée permet de tenir compte de la synergie existante entre les pentes et les aires drainées dès lors que l'on considère l'érosion par concentration d'eau (rigoles). L'érosion se produit par l'accumulation d'un flux le long d'un versant ou au sein d'un bassin ; aussi est-il important de tenir compte de la relation existante entre un endroit donné et ce qui l'entoure. Un pixel n'aura pas le même aléa suivant qu'il est entouré de pixels amonts générant ou non des flux, d'où la nécessité de prendre en compte l'aire drainée correspondante. Les tests réalisés à l'aide de STREAM permettront de calculer l'aire drainée, mais en la pondérant par la nature et l'occupation du sol, qui va jouer un rôle majeur selon qu'il s'agisse de surfaces favorisant l'infiltration (forêts, prairies), ou le ruissellement (sols nus agricoles, sols urbanisés,).

Dans cette partie de l'étude, différentes méthodes de calcul de l'aire drainée ont été comparées. Cette démarche a permis de visualiser les différences qu'engendre le calcul de l'aire drainée et de savoir si ce calcul améliore le modèle existant.

Plusieurs méthodes ont été mises au point pour tenir compte de l'influence des pixels « amonts » sur les pixels « avals ».

Trois méthodes sont donc comparées :

1. la première est celle du facteur de pente sans majoration ;
2. la seconde se base sur la majoration des classes de pente à l'aide de l'aire drainée calculée sous ARCMAP. Le MNT a servi à la fois au calcul de la carte des classes de pente et à celui de la carte de l'aire drainée. La carte de l'aire drainée sert à majorer la carte des classes de pente. (Illustration 20) ;

3. la troisième se base sur la pondération de l'aire ruisselante, calculée à l'aide du modèle STREAM à partir des données Corine Land Cover, du MNT et de la carte des sols. Cette cartographie, reclassée en trois catégories, permet aussi de pondérer la carte des pentes initiale.

A aire drainée égale, les pentes modérées sont moins sensibles à l'érosion que les pentes raides. L'aire drainée pondérée par l'occupation et la nature du sol, calculée à l'aide de STREAM prend en compte, en plus de la surface, l'occupation des sols et la battance de chaque pixel de l'aire drainée amont. Cette méthode permet de distinguer deux pixels dont l'un aurait une aire drainée de 20 ha de forêts tandis que l'autre aurait une aire drainée de 20 ha occupée par des sols imperméabilisés. Cette démarche est toutefois assez proche de la première dans le sens où la synergie pente/surface est prise en considération. La différence provient uniquement du fait que la taille de la surface drainée n'est pas la seule variable prise en compte. L'aire drainée calculée par la deuxième méthode sera appelée aire ruisselante.

Classes de pentes	Aire drainée / ou ruisselante		
	1 (< 1 ha)	2 (1 à 20 ha)	3 (> 20 ha)
1 (0 à 1 %)	1	2	3
2 (1 à 2 %)	2	3	4
3 (2 à 5 %)	3	4	5
4 (5 à 10 %)	4	5	6
5 (10 à 15 %)	5	6	7
6 (15 à 30 %)	6	7	7
7 (30 à 75 %)	7	7	7
8 (plus de 75 %)	8	8	8

Illustration 20 : Pondération des pentes par (1) l'aire drainée (2) l'aire ruisselante

Pour les classes de pentes fortes (plus de 30 %), la pondération n'intervient pas. On reste en classe de pentes fortes à très fortes (7 et 8).

C'est donc pour les pentes faibles à moyennes (moins de 15 %) et jusqu'aux pentes fortes (15 à 30 %) que la pondération va intervenir. Lorsque l'aire drainée sera importante, le pixel sera basculé en classe de pente supérieure.

Par exemple, un pixel de pente 8 % se trouve en classe de pente 4. Si l'aire drainée est inférieure à 1 hectare, il restera en classe 4. Si l'aire drainée est comprise entre 1 et 20 ha, il passera en classe 5. Si elle est supérieure à 20 hectares, il passera en classe 6.

Les scénarii comparés dans ce chapitre seront les scénarii n°1 (carte des pentes issue du MNT 50m), n°10 (carte des pentes pondérée par l'aire drainée) et n°9 (cartes des pentes pondérées par l'aire ruisselante) (Illustration 6).

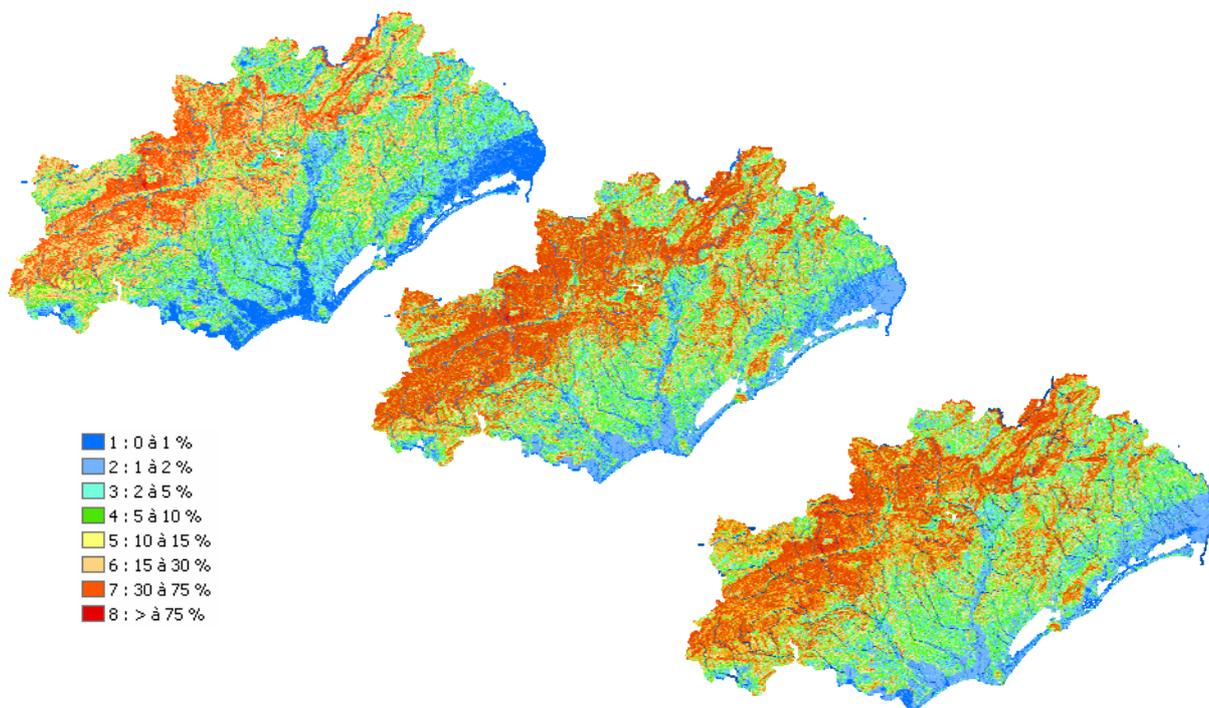


Illustration 21 : Carte des pentes (gauche), pentes pondérée par l'aire drainée (centre), pentes pondérées par aire ruisselante (droite)

Un simple aperçu sur la carte de l'Hérault montre que la carte des pentes simples présente une surface en classes 6 à 8 plus faible que les cartes de pentes pondérées, que ce soit par la seule aire drainée, ou bien par l'aire drainée intégrant l'occupation du sol.

Ceci est particulièrement vrai sur les reliefs du Haut-Languedoc ; on note cependant que le calcul intégrant l'occupation du sol atténue légèrement l'accentuation observée sur la zone montagneuse. En effet, le Haut Languedoc est largement forestier, et le coefficient attribué aux forêts dans STREAM favorise l'infiltration, ce qui limitera la sensibilité à l'érosion. L'observation inverse peut-être faite dans les zones viticoles de la vallée de l'Hérault, car les vignes sont particulièrement sensibles à l'érosion, selon le type de culture.

L'illustration 22 traduit sous forme numérique ces observations cartographiques.

Facteur pente	Pentes seules		Majoration par l'aire drainée		Majoration par l'aire ruisselante	
	Surface km ²		Surface km ²		Surface km ²	
1	588.3	10 %	448.6	7 %	304.4	5 %
2	539.6	9 %	525.7	9 %	718.4	12 %
3	1173.4	19 %	1088.4	18 %	893.9	15 %
4	1085.5	18 %	1139.5	19 %	1203.3	20 %
5	637.2	10 %	720.1	12 %	798.2	13 %
6	1105.4	18 %	1081.5	18 %	1123.4	19 %
7	926.3	15 %	1051.9	17 %	1010.8	17 %
8	18.3	0 %	18.3	0 %	18.1	0 %
Total	6074		6074		6071	

Illustration 22 : Répartition des surfaces en fonction du facteur de pente obtenu à partir de différentes méthodes de calcul (pentes, aire drainée, aire ruisselante)

La classe 1 régresse de 10 % à 7 ou 5 % selon le type de pondération. Sur les plaines du Languedoc, ceci se traduit par un changement de coloration du bleu vers le vert. Sur les piémonts, c'est la classe 7 qui progresse (+ 2 %), variation suffisante pour expliquer la coloration orangée des cartes pondérées. Les classes moyennes à fortes progressent en général, au détriment des classes faibles à moyennes.

Il faut noter que l'évolution liée à la prise en compte de l'aire drainée n'entraîne pas des grands changements de la classification, mais plutôt une évolution visant à tenir compte de la composante « bassins versants ».

Les cartes « Topographie », obtenues sans majoration et avec la majoration par l'aire drainée STREAM, ont été soustraites à la carte de pente obtenue avec la majoration par l'aire drainée non pondérée pour mieux visualiser les différences entre les cartes.

Différence de classe	Pente X aire drainée – Pente		Pente X aire drainée – Pente X aire ruisselante	
	Surface km ²		Surface km ²	
-2			13.6	0 %
-1			228.4	4 %
Aucune différence	5256.1	87 %	5336.9	88 %
1	692.1	11 %	447.9	7 %
2	125.8	2 %	43.6	1 %
Total	6074	100 %	6071	100 %

Illustration 23 : Nombres de classes d'écart entre les facteurs de pente obtenus à partir de différentes méthodes de calcul de l'aire drainée codée selon l'INRA

L'illustration 23 montre que la pondération par l'aire drainée entraîne une « aggravation » du facteur pente, qui se limite à 13 % de la surface. Pour seulement 2 % de la surface (aire drainée supérieure à 20 ha), le changement est de 2 classes.

La comparaison entre le calcul avec l'aire drainée et celui issu de STREAM confirme bien le petit retour en arrière observé au niveau cartographique. En effet, pour 4 % de la surface, on reperd une catégorie. Il s'agit très probablement d'une aire drainée conséquente, mais forestière, en tout cas filtrante.

Impact sur la cartographie de la sensibilité

Les trois cartes de facteurs de pente ont ensuite servi aux calculs de la sensibilité à l'érosion (Illustration 24). Il s'agit des scénarii n°1 (avec la carte des pentes), n°10 (avec les pentes pondérées par l'aire drainée) et n°9 (pentes pondérées par l'aire ruisselante).

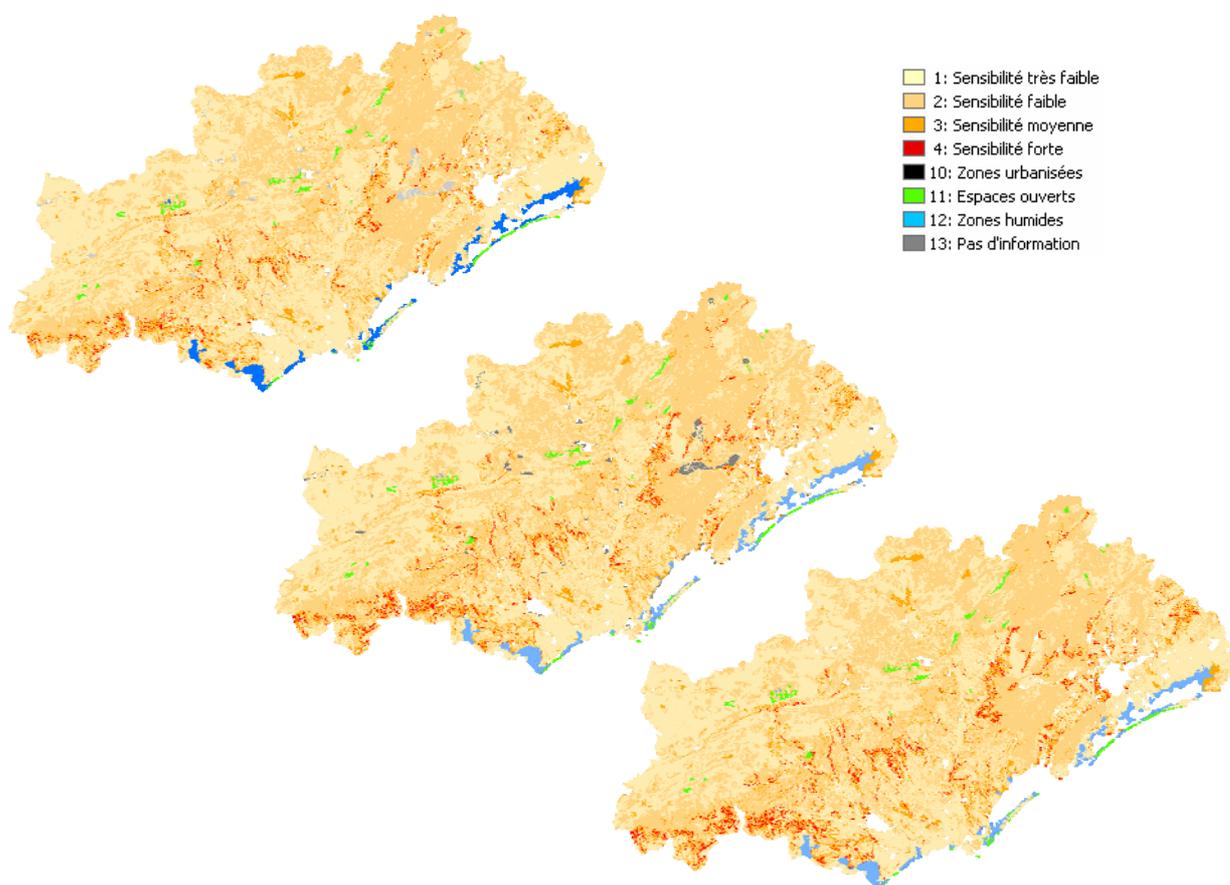


Illustration 24 : Sensibilité à l'érosion à partir des pentes (gauche), des pentes pondérées par l'aire drainée (centre), des pentes pondérées par aire ruisselante (droite)

La légère évolution observée au niveau du critère topographique (environ 10 % de pixels se retrouvent en classe de pente supérieure, après pondération) est ici en partie diluée, du fait de la prise en compte de trois autres critères (occupation du sol,

érodibilité, battance). Si une observation visuelle à cette échelle n'est pas aisée, il est nécessaire d'apprécier les variations entre classes (Illustration 25).

La sensibilité très faible diminue de 3 % sur les deux cartes de sensibilité intégrant les pentes pondérées. On observe en général une progression de la sensibilité, progression qui reste mesurée. Les écarts entre la sensibilité issue des pentes pondérées par la seule aire drainée et celle issue des pentes pondérées par l'aire ruisselante n'est guère significative ; cependant, étudié localement (zones de vignobles, zones forestières) l'impact de la prise en compte de l'occupation ne peut être négligé. Par ailleurs l'analyse statistique globale au niveau du département lisse l'accentuation de la sensibilité sur le vignoble avec la baisse observée en montagne.

Classe	Pentes seules		Majoration par l'aire drainée		Majoration par l'aire drainée pondérée	
	Surface km ²		Surface km ²		Surface km ²	
1: Sensibilité très faible	2854.9	47 %	2678.3	44 %	2630.8	44 %
2: Sensibilité faible	2346.1	39 %	2457.0	41 %	2438.4	40 %
3: Sensibilité moyenne	279.5	5 %	323.2	5 %	353.8	6 %
4: Sensibilité forte	57.5	1 %	79.0	1 %	114.7	2 %
10: Zones urbanisées	376.8	6 %	376.8	6 %	376.8	6 %
11: Espaces ouverts	30.8	1 %	30.8	1 %	30.8	1 %
12: Zones humides	69.1	1 %	69.1	1 %	69.1	1 %
13: Pas d'information	29.9	0 %	30.4	1 %	30.2	0 %
Total	6044		6044		6044	

Illustration 25 : Répartition des surfaces en fonction des sensibilités à l'érosion obtenues à partir de différentes méthodes de calcul de l'aire drainée codée selon l'INRA

Les différences relevées des répartitions des classes de sensibilité entre les trois cartes étudiées s'avèrent globalement faibles. La carte de sensibilité dressée à partir de la carte de l'aire drainée a été soustraite aux deux autres cartes pour mieux visualiser les différences entre elles (Illustration 26 et Illustration 27).

Si globalement on n'observe pas de changements de classe dans 95.9 % des cas, le calcul de l'aire drainée permet pour 3.8 % des pixels un passage dans la classe de sensibilité plus élevée. Il s'agit de pixels proches du réseau d'écoulement secondaire, drainant des surfaces assez conséquentes.

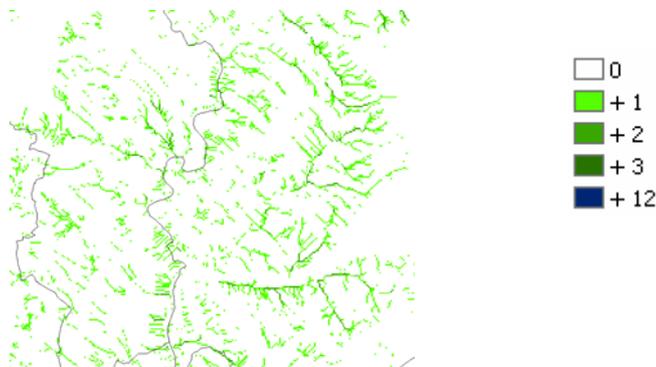


Illustration 26 : Répartition du nombre de pixels en fonction des sensibilités à l'érosion obtenues à partir de différentes méthodes de calcul de l'aire drainée (codification selon INRA)

Différence de classe	Sensibilité avec pente / aire drainée – Sensibilité avec pente seule		Sensibilité avec pente / aire drainée – Sensibilité avec pente /aire ruisselante	
	Surface km ²		Surface km ²	
-2 classes de différence			8.5	0,1 %
-1 classe de différence			186.9	3,1 %
Aucune différence	5798.2	95,9 %	5795.6	95,9 %
1 classe de différence	229.0	3,8 %	51.9	0,9 %
2 classes de différence	17.0	0,3 %	1.3	0,0 %
Total	6044		6044	

Illustration 27 : Nombres de classes de sensibilité à l'érosion d'écart obtenues à partir de différentes méthode de calcul de l'aire drainée codée selon l'INRA

La comparaison entre la sensibilité prenant en compte la pente pondérée par l'aire drainée, et l'aire ruisselante montre un léger rééquilibrage, comme décrit précédemment lors des comparaisons entre cartes de base. Le poids de l'occupation du sol protégeant contre le risque érosion se fait sentir, ramenant la sensibilité à un degré moindre pour certains pixels (3.1 %)

Conclusion partielle : impact de l'aire drainée

L'intégration de l'aire drainée permet de préciser la cartographie de la sensibilité à l'érosion, en zone de piémont, mais aussi sur les plaines. La prise en compte de l'occupation du sol (aire ruisselante calculée à l'aide de STREAM) va limiter l'impact de l'aire drainée seule, surtout en zone de montagne (forêt, herbages), mais prendra bien en compte le risque élevé en zone viticole.

2.2. LE COUVERT VEGETAL

Pour déterminer l'influence du facteur couvert végétal sur la sensibilité des sols à l'érosion, plusieurs cartes ont été utilisées. Pour l'ensemble du département de l'Hérault, deux cartes d'occupation du sol Corine Land Cover ont été utilisées : Corine Land Cover 1990 et Corine Land Cover 2000. Par ailleurs, sur les sous-bassins versants de la Boyne et de la Peyne, c'est une classification d'images SPOT de 2003 recodée selon la nomenclature Corine Land Cover qui a été utilisée. Les différents scénarii calculés seront les suivants (Illustration 28)

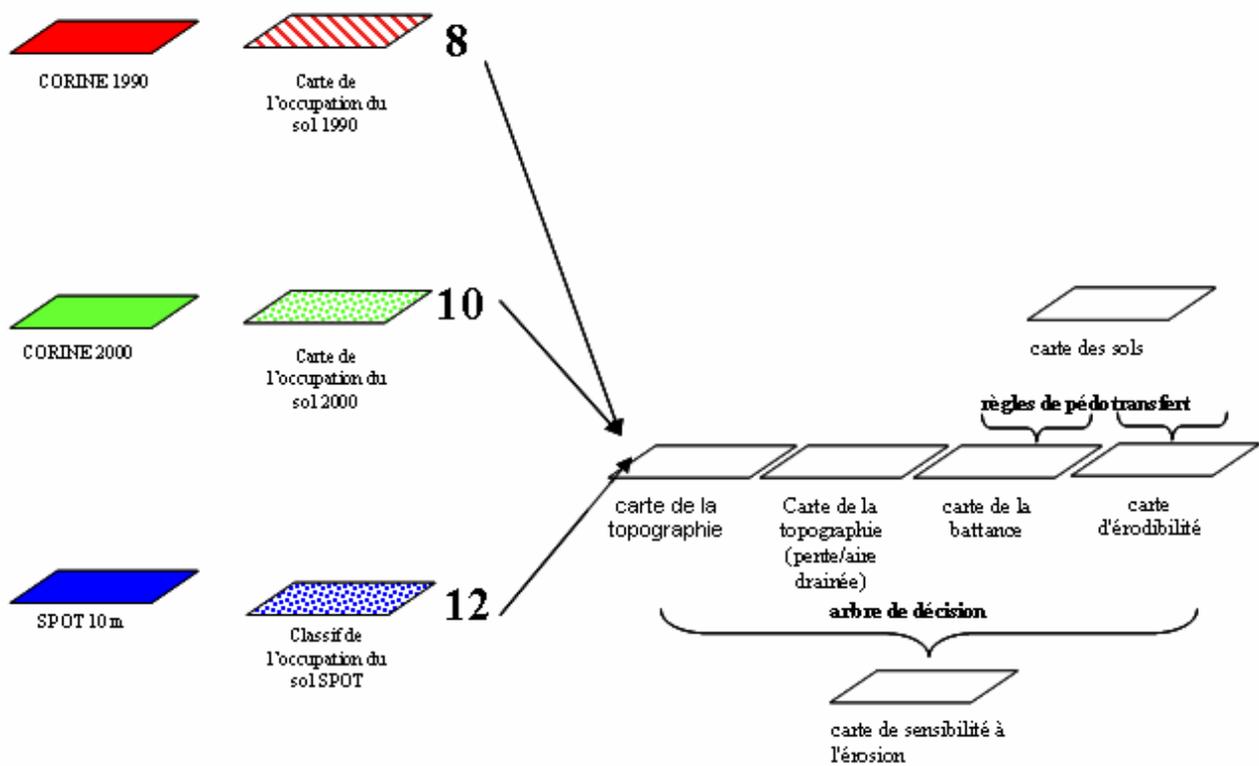


Illustration 28 : Scénarii Occupation du sol

2.2.1. Evolution de l'occupation du sol entre 1990 et 2000

Evolution de l'occupation du sol

La comparaison entre les deux cartes d'occupations du sol Corine Land Cover 1990 et 2000 a été faite à la résolution de 50m.

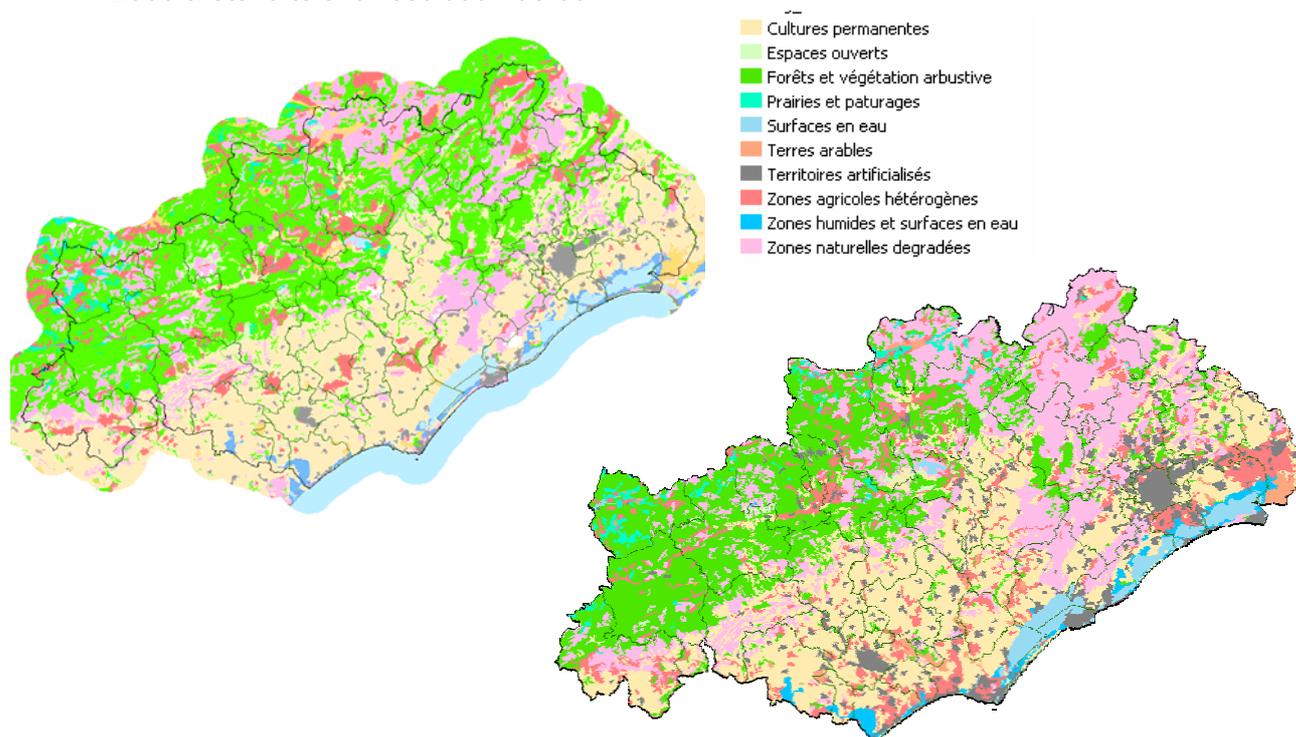


Illustration 29 : Corine Land Cover 1990 et 2000

Les changements observés dans le département de l'Hérault ont été très importants entre 1990 et 2000. Les données Corine Land Cover traduisent bien ces changements. Ainsi, 36.7 % de l'occupation du sol a changé de catégorie en 10 ans. Seules sont reportées dans l'illustration 32 les évolutions correspondant à plus de 0.1 % de la surface départementale, soit plus de 600 hectares

Classe	Code	Corine Land Cover 2000		Corine Land Cover 1990	
		Surface km ²		Surface km ²	
Terrain artificialisés	100	383.8	6,31 %	196.1	3,24 %
Terres Arables	210	82.6	1,36 %	107.9	1,78 %
Culture Permanentes	220	1717.5	28,23 %	2056.7	34,02 %
Prairies et pâturages	231	91.1	1,50 %	57.6	0,95 %
Zones agricoles hétérogènes	240	631.9	10,39 %	429.4	7,10 %
Forêts	310	1545.8	25,41 %	1953.4	32,31 %
Zones naturelles dégradées	324	1512.1	24,85 %	1100.0	18,19 %
Espaces ouverts	330	35.5	0,58 %	71.0	1,17 %
Zones d'eau libre	400	84.1	1,38 %	74.0	1,22 %
Total		6084		6046	

Illustration 30 : Occupation du sol Corine Land Cover 2000 et 1990.

Les évolutions majeures (Illustration 32) correspondent à :

1. une dégradation de l'environnement lié aux incendies de forêts. 8.8 % du département se retrouve ainsi en zones naturelles dégradées. Cependant, la régénération de la garrigue fait que les 3.2 % classés en 90 en zones dégradées se retrouvent en forêt ;
2. l'évolution de l'agriculture, qui se traduit par (i) des changements liés aux assolements (cultures permanentes devenues zones agricoles hétérogènes -4.8 %- ou inversement -1.9 %-, cultures permanentes vers terres arables -0.7 %-), (ii) la mise en culture de nouvelles terres (forêts ou zones naturelles dégradées vers cultures permanentes -1.1 et 0.9 %-, (iii) un abandon de l'agriculture (zones agricoles hétérogènes, cultures permanentes vers zones naturelles dégradées – 1.4 et 1.2 %) ;
3. une urbanisation croissante, correspondant à une arrivée importante et continue de population depuis environ 20 ans dans le département de l'Hérault (arrivées estimées à 1000 habitants par mois, soit 120.000 personnes sur la période 1990-2000). Ces extensions urbaines se sont faites au détriment de l'agriculture (2.7 % + 0.2 %), puis des zones naturelles (forêts 0.2 % et zones naturelles dégradées 0.2 %) (Illustration 31).



Illustration 31 : Evolution des zones urbanisées entre 1990 et 2000 (en noir)

DE <i>(occupation du sol 1990)</i>	VERS <i>(occupation du sol 2000)</i>	Surface km ²	
Forêts	Zones naturelles dégradées	534.2	8,8 %
Cultures permanentes	Zones agricoles hétérogènes	289.9	4,8 %
Zones naturelles dégradées	Forêts	195.2	3,2 %
Cultures permanentes	Villes	162.7	2,7 %
Zones agricoles hétérogènes	Culture Permanentes	112.4	1,9 %
Zones agricoles hétérogènes	Zones naturelles dégradées	86.5	1,4 %
Forêts	Zones agricoles hétérogènes	76.5	1,3 %
Cultures permanentes	Zones naturelles dégradées	73.5	1,2 %
Zones naturelles dégradées	Zones agricoles hétérogènes	72.7	1,2 %
Forêts	Culture Permanentes	69.4	1,1 %
Zones naturelles dégradées	Culture Permanentes	54.7	0,9 %
Espaces ouverts	Zones naturelles dégradées	42.2	0,7 %
Cultures permanentes	Terres Arables	41.9	0,7 %
Zones agricoles hétérogènes	Forêts	38.2	0,6 %
Cultures permanentes	Forêts	33.8	0,6 %
Zones agricoles hétérogènes	Prairies et pâturages	32.0	0,5 %
Terres arables	Zones agricoles hétérogènes	27.2	0,4 %
Zones naturelles dégradées	Prairies et pâturages	17.1	0,3 %
Terres arables	Zones naturelles dégradées	16.0	0,3 %
Cultures permanentes	Zones d'eau libre	15.6	0,3 %
Espaces ouverts	Forêts	15.1	0,3 %
Forêts	Villes	14.7	0,2 %
Zones naturelles dégradées	Villes	14.0	0,2 %
Zones agricoles hétérogènes	Villes	14.0	0,2 %
Prairies et pâturages	Forêts	13.4	0,2 %
De Ville à	Culture Permanentes	13.3	0,2 %
Forêts	Prairies et pâturages	12.6	0,2 %
Prairies et pâturages	Zones agricoles hétérogènes	11.5	0,2 %
Terres arables	Culture Permanentes	11.1	0,2 %
Zones naturelles dégradées	Espaces ouverts	9.7	0,2 %

Illustration 32 : Principales évolutions entre 1900 et 2000

Impact sur la sensibilité à l'érosion

Il convient alors de voir l'impact de ces évolutions majeures sur la sensibilité à l'érosion des sols. Le scénario 8 prend en compte CORINE 1990 et le scénario 10 CORINE 2000 (Illustration 33). Les trois autres facteurs sont identiques (battance, érodibilité, topographie).

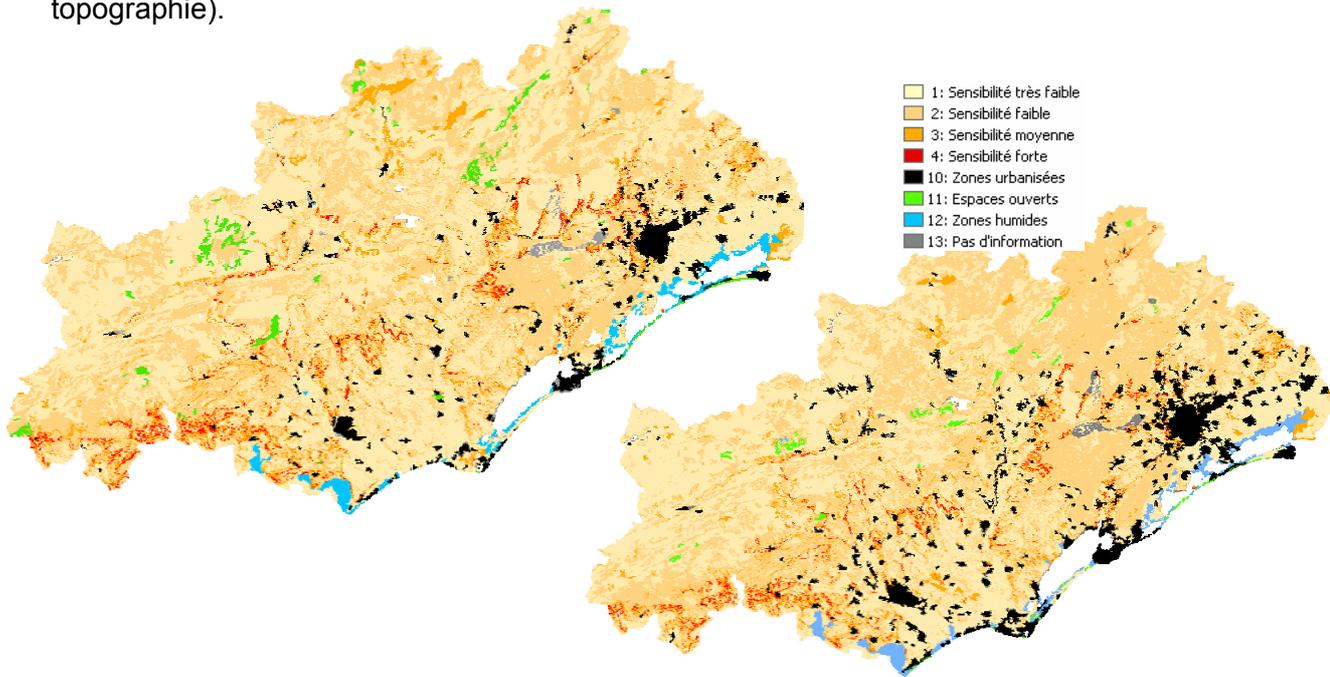


Illustration 33 : Sensibilité à l'érosion avec Corine 1990 (gauche) et 2000 (droite)

Classe	Carte de sensibilité avec Corine Land Cover 1990	Carte de sensibilité avec Corine Land Cover 2000
	% de surface du département	% de surface du département
1: Sensibilité très faible	51 %	44 %
2: Sensibilité faible	35 %	41 %
3: Sensibilité moyenne	6 %	5 %
4: Sensibilité forte	2 %	1 %
10: Zones urbanisées	3 %	6 %
11: Espaces ouverts	1 %	1 %
12: Zones humides	1 %	1 %
13: Pas d'information	1 %	1 %
Total	100 %	100 %

Illustration 34 : Sensibilité à l'érosion avec Corine Land Cover 2000 (scen. 10) et 1990 (scen. 8)

On observe (Illustration 34) une diminution sensible (7 %) des surfaces affectées à la classe de sensibilité très faible entre 1990 et 2000 et une augmentation de 6 % de la classe de sensibilité faible. La classe de zones urbanisées montre aussi une évolution importante de 3 % des surfaces de 1990 à 2000.

Les deux cartes de sensibilité ont été soustraites pour une meilleure visualisation des différences de classement (Illustration 35 et Illustration 36).

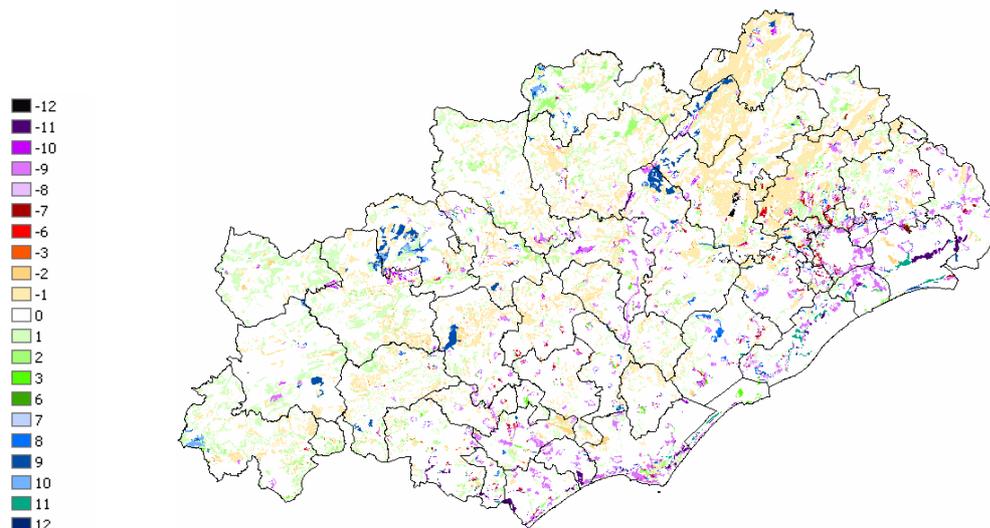


Illustration 35 : différence Scenario 8 (1990) – Scenario 10 (2000)

73 % des pixels restent inchangés malgré la différence d'occupation du sol entre 1990 et 2000. Les différences les plus importantes en surfaces portent sur des variations d'une classe en positif ou négatif. (Les surfaces présentant au moins 6 classes de différence (4 %) correspondent à la progression des zones urbanisées). Globalement on observe une évolution vers une augmentation des classes de sensibilité de 1990 à 2000 montrant une dégradation des sols et une augmentation des zones urbanisées.

Différence de classe	Corine 1990 – Corine 2000	
	Surface en km ²	
Au moins 6 classes de différence	246.2	4,1 %
-5 classes de différence		
-4 classes de différence		
-3 classes de différence	6.0	0,1 %
-2 classes de différence	53.8	0,9 %
-1 classe de différence	695.2	11,6 %
Aucune différence	4393.6	73,1 %
1 classe de différence	433.7	7,2 %
2 classes de différence	69.8	1,2 %
3 classes de différence	11.2	0,2 %
4 classes de différence		
5 classes de différence		
Plus de 6 classes de différence	101	1,7 %
Total	6010	

Illustration 36 : Variation de sensibilité entre les deux différentes cartes issues de Corine Land Cover 2000 et 1990

2.2.2. Intérêt de la résolution SPOT pour l'occupation du sol

Comparaison Corine Land Cover 2000 et classification d'une image SPOT

La comparaison entre la carte d'occupation du sol Corine Land Cover 2000 et la classification de l'image SPOT acquise en 2002 a été faite à une résolution de 20 m sur les bassins de la Boyne et de la Payne.

La classification réalisée sur l'image SPOT (Illustration 37 et Illustration 38) ne prend pas en compte toutes les occupations du sol proposées dans la nomenclature de Corine Land Cover d'où une modification de la répartition des pixels. Les principales différences portent sur la surestimation des forêts sur l'image SPOT et la confusion entre « Terres Arables » et « Cultures permanentes ».

Seules sont reportées dans l'illustration suivante (Illustration 38) les évolutions correspondant à plus de 1000 hectares.

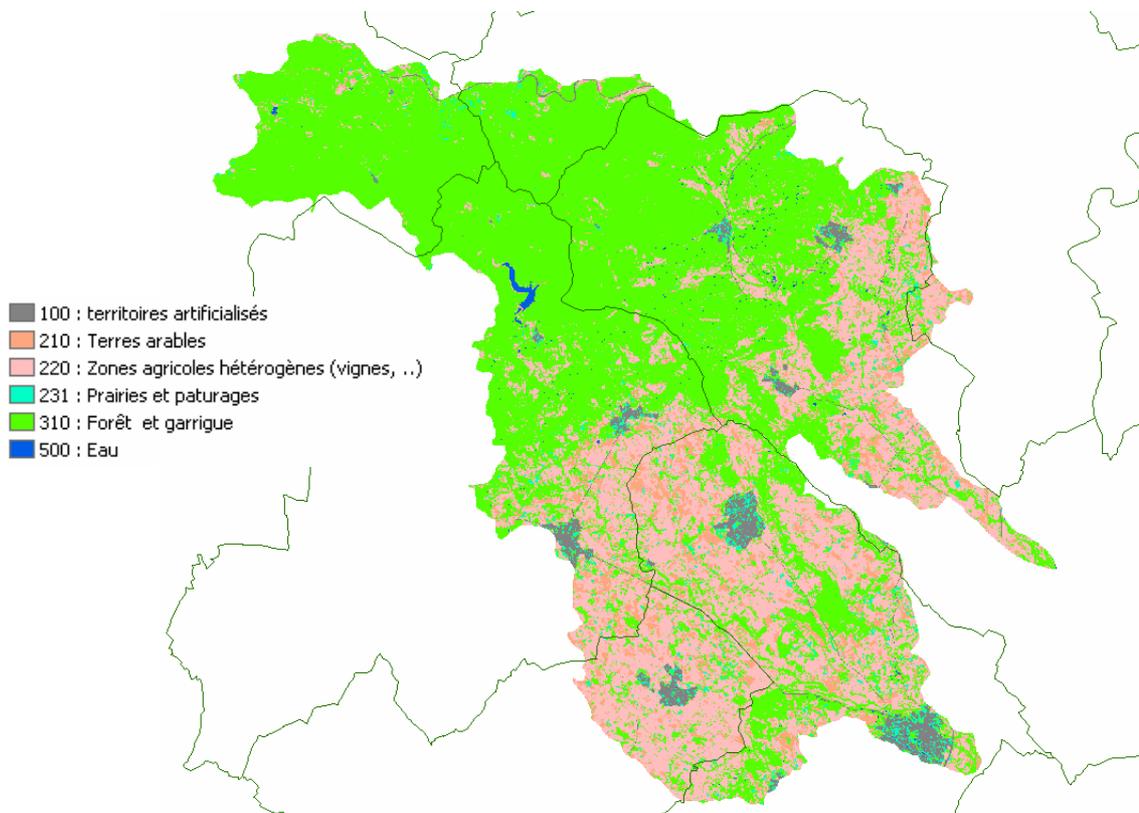


Illustration 37 : Classification de l'occupation du sol SPOT (2002)

Classe		Corine Land Cover 2000		Classification Spot	
		Surface en km ²		Surface en km ²	
Terrain artificialisés	100	6.7	3,44 %	5.0	2,54 %
Terres Arables	210	0.0	0,00 %	13.2	6,75 %
Culture Permanentes	220	93.3	47,63 %	59.7	30,44 %
Prairies et pâturages	231	1.1	0,55 %	3.6	1,82 %
Zones agricoles hétérogènes	240	5.9	3,00 %		0,00 %
Forêts	310	50.8	25,92 %	114.7	58,45 %
Zones naturelles dégradées	324	38.1	19,46 %		0,00 %
Espaces ouverts	330		0,00 %		0,00 %
Zones d'eau libre	400		0,00 %		0,00 %
Total		195.9		196.3	

Illustration 38 : Répartition des surfaces des cartes de l'occupation du sol en fonction de Corine Land Cover 2000 et classification de l'image Spot

Les surfaces artificialisées sont moins nombreuses. Ceci peut être attribué à la résolution supérieure de SPOT, qui permet de séparer les jardins et zones vertes urbaines des sols réellement construits. Les surfaces classées en forêt avec SPOT correspondent globalement au cumul des « Forêts », « Zones naturelles dégradées ou garrigues » et « Zones agricoles hétérogènes ».

Impact sur la sensibilité à l'érosion

On peut alors calculer la carte de la sensibilité à l'érosion pour les deux cas : il s'agira des scenarii 12 (avec SPOT) et 10 (Corine 2000). (Illustration 39)

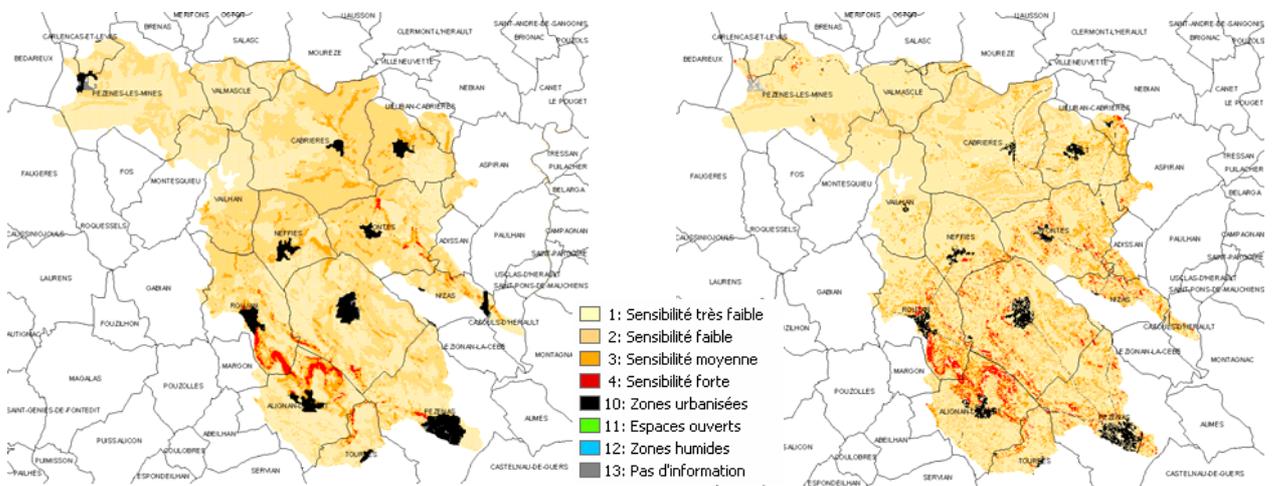


Illustration 39 : Gauche : scenario 10 (Corine 2000) / Droite : scenario 12 (SPOT)

Les classes de sensibilité moyenne et forte sont assez constantes (Illustration 40). Par contre on note une baisse importante de la sensibilité globale par un passage de surfaces de la classe « Faible » en classe « Très faible ». Ceci est dû au regroupement en classe « Forêt » de pixels qui étaient éclatés avec Corine en « Végétation naturelle dégradée », « Zones agricoles hétérogènes ».

On retrouve naturellement ces observations dans l'illustration 41 qui confirme que si 66.3 % de la surface ne changent pas, 21.3 % voient leur niveau de sensibilité à l'érosion baisser d'un rang.

Classe	Carte de sensibilité avec Corine Land Cover 2000		Carte de sensibilité avec classification SPOT	
	Surface en km2		Surface en km2	
1: Sensibilité très faible	73.4	37 %	119.2	61 %
2: Sensibilité faible	95.2	49 %	49.1	25 %
3: Sensibilité moyenne	16.3	8 %	17.3	9 %
4: Sensibilité forte	4.0	2 %	4.2	2 %
10: Zones urbanisées	6.7	3 %	5.0	3 %
11: Espaces ouverts				
12: Zones humides				
13: Pas d'information	0.3	0 %	0.3	0 %
Total	195.8		195.0	

Illustration 40 : Variation de la sensibilité entre les deux scénarii « Corine Land Cover 2000 » et « classification de l'image Spot »

Différence de classe	Carte de sensibilité avec classification SPOT - Carte de sensibilité avec Corine Land Cover 2000	
	Surface en km2	
Au moins 6 classes de différence	3.2	1,62 %
-5 classes de différence		
-4 classes de différence		
-3 classes de différence	1.2	0,6 %
-2 classes de différence	6.3	3,2 %
-1 classe de différence	41.6	21,3 %
Aucune différence	129.2	66,3 %
1 classe de différence	9.0	4,6 %
2 classes de différence	2.8	1,4 %
3 classes de différence	0.2	0,1 %
4 classes de différence		
5 classes de différence		
Plus de 6 classes de différence	1.5	0,75 %
Total	195.0	

Illustration 41 : Evolution de la sensibilité (en classes) entre Corine Land Cover 2000 et la classification de l'image Spot

2.2.3. Conclusion partielle

Les évolutions de l'occupation du sol sont si importantes dans le département de l'Hérault qu'une mise à jour de ce critère, composante majeure du système expert, apparaît indispensable. Entre 1990 et 2000, 63 % de la surface change de classe d'occupation du sol, ce qui entraîne 27 % de modification au niveau de la sensibilité à l'érosion.

Lorsque les données CORINE, apparemment totalement adaptées à la méthodologie (que ce soit d'un point de vue échelle ou bien nomenclature) ne sont pas disponibles, les données d'occupation du sol peuvent être obtenues à partir de données satellitales.

La précision apportée par SPOT ne semble pas ici indispensable, au regard de l'échelle des autres paramètres (carte des sols, MNT, données pluviométriques). Il convient alors d'adapter au mieux la classification à la nomenclature CORINE.

L'occupation du sol doit être mise à jour régulièrement afin d'entraîner une mise à jour de la cartographie de l'aléa. En France et en Europe, les données CORINE Land Cover sont adaptées à l'échelle départementale étudiée. Dans un contexte différent (hors Europe, une classification d'image satellitale permet d'accéder à l'information « Occupation du sol »)

2.3. MISE A JOUR DU PARAMETRE SOL

La carte pédologique nationale à l'échelle du 1/1.000.000 n'est pas du tout adaptée au contexte de l'étude, à savoir une approche régionale. L'illustration 42 montre les paramètres « battance » et « érodibilité » calculés à l'aide de cette carte pédologique. Cette carte a été élaborée il y a plus de 40 ans à partir d'informations de base peu précises (au niveau d'un département). De l'avis des experts de l'INRA, il était impératif de prendre pour l'étude sur l'Hérault une donnée pédologique plus précise.

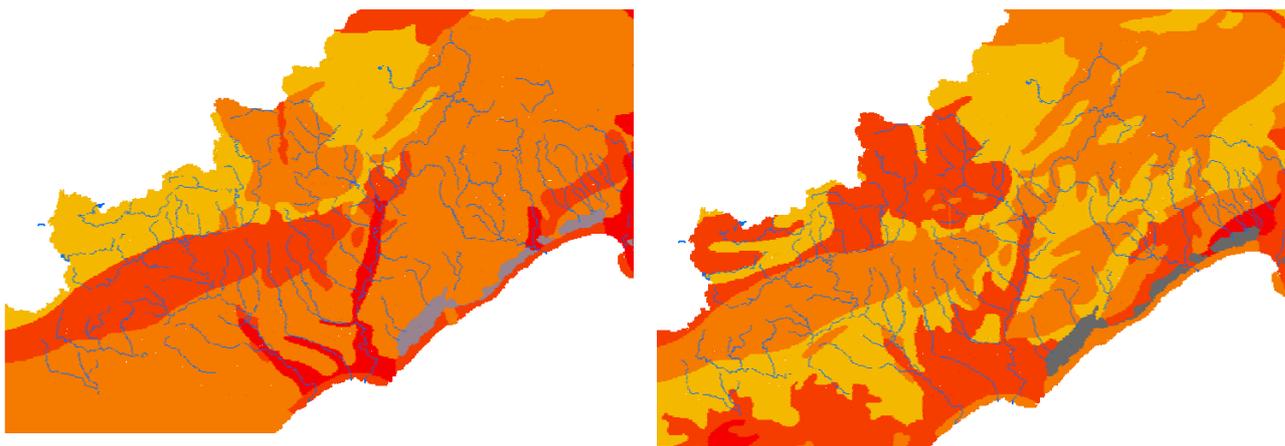


Illustration 42 : Battance (droite) et érodibilité (gauche) à partir de la carte pédologique au 1/1.000.000

La région Languedoc-Roussillon dispose d'une base régionale, la Base de Données Sols réalisée par l'INRA et la Chambre Régionale d'Agriculture. Son échelle varie du 1/100.000 sur les zones agricoles (plaine du Languedoc, zones viticoles) au 1/250.000 (piémonts, montagne). Les règles de pédo-transfert ont été revues par l'INRA (V. Antoni) afin de proposer une cartographie la plus précise possible pour la battance (

Illustration 43) et l'érodibilité (Illustration 44).



Illustration 43 : Battance à partir de la BD Sols Languedoc-Roussillon

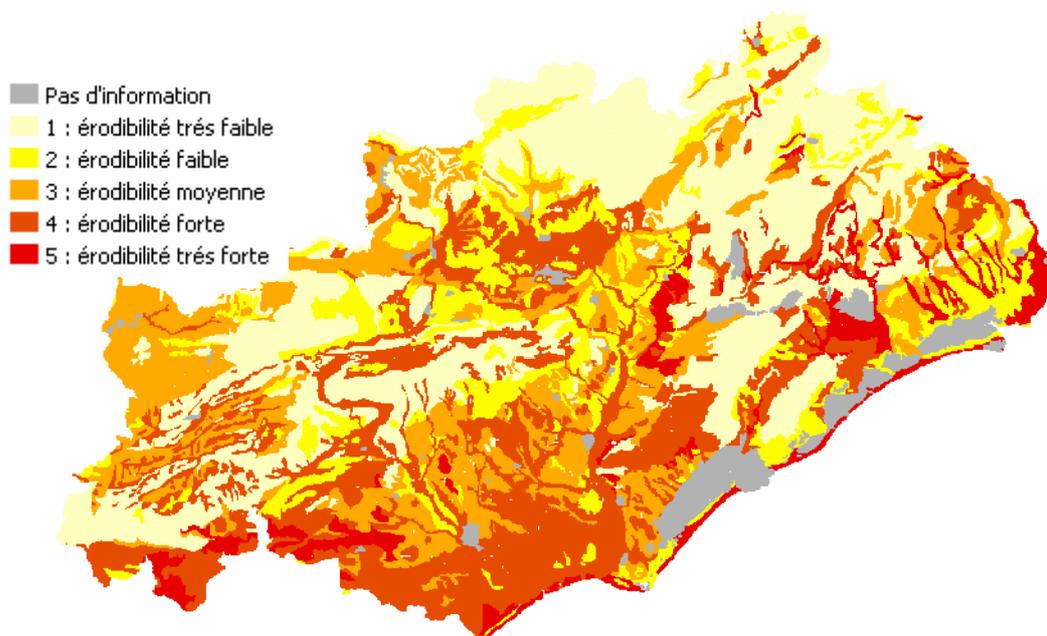


Illustration 44 : Erodibilité à partir de la BD Sols Languedoc-Roussillon

2.4. ALEA EROSION

2.4.1. Données prises en compte au niveau national

L'aléa Erosion est obtenu par combinaison de la sensibilité des sols à l'érosion, calculée précédemment, et du facteur Intensité/Hauteur des pluies

La pluie est le facteur principal de l'érosion hydrique, et son érosivité dépend essentiellement de la hauteur d'eau précipitée et de son intensité (Y. Le Bissonnais et al.). Aussi la méthodologie nationale a pris en compte pour chaque saison une combinaison de ces deux paramètres, à partir de données Météo France. Météo France a développé la méthode de spatialisation Aurélhy (Bennichon et Lebreton, 1987) afin de tenir compte de l'environnement topographique des 1342 stations météorologiques ayant permis la cartographie. Cette spatialisation est disponible avec une résolution de 5x5 km sur l'ensemble du territoire métropolitain (Illustration 45). Les données ont été acquises entre 1951 et 1980, à un pas de temps journalier.

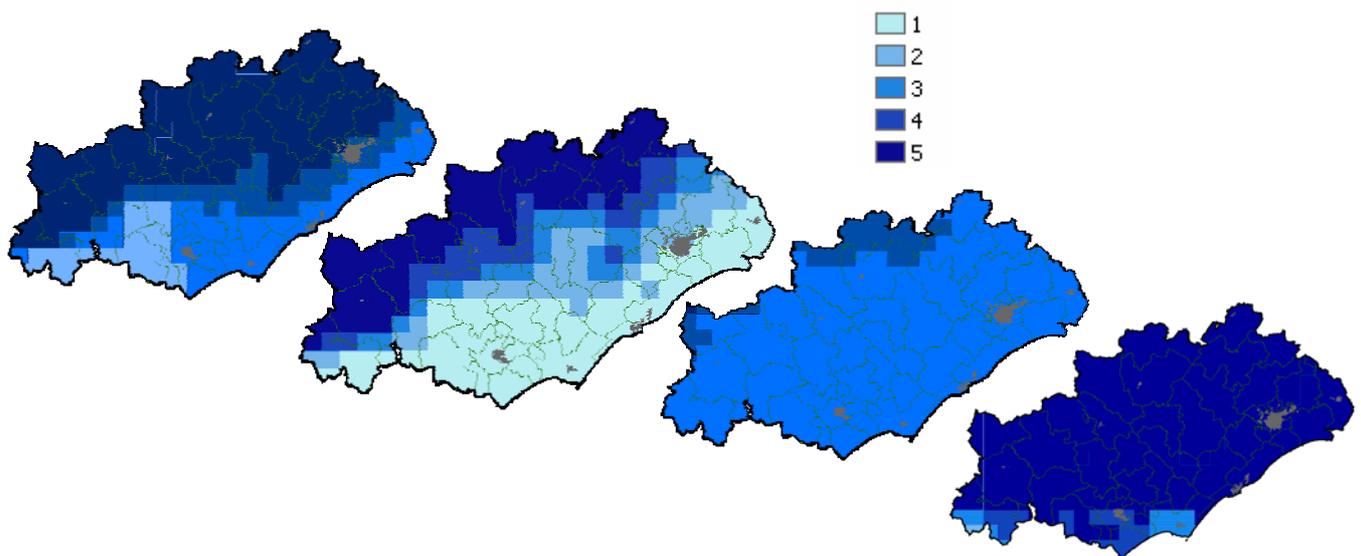


Illustration 45 : Intensité X Hauteur de pluie sur l'Hérault : de gauche à droite : hiver, printemps, été, automne

Ces données météorologiques ne s'avèrent pas suffisamment précises à l'échelle du département de l'Hérault où les gradients pluviométriques sont très forts, surtout à l'automne. Or la hiérarchie proposée en 5 classes montre un département totalement homogène sur cette période, ce qui n'est pas satisfaisant.

Cependant, pour les différents scénarii mis en place, cette donnée sera testée, après un ré-échantillonnage au pas de 50m, la modélisation au niveau national étant faite à la résolution de 5km.

2.4.2. Données pluviométriques intégrées

L'Unité Hydro-Sciences de Montpellier (Université Montpellier) a travaillé sur la définition de cartes pluviométriques précises dans le cadre d'études au niveau de la Région Cévennes-Vivarais. Cette étude couvre 80 % du département de l'Hérault (seul l'extrême Ouest est exclu).

L'illustration 47 démontre que l'automne est bien la saison à plus fort risque, définie ainsi « *La saison à plus fort risque est définie comme étant constituée par les mois consécutifs où à la fois le gradex et la moyenne mensuelle du cumul de pluie centrés réduits sont positifs* ».

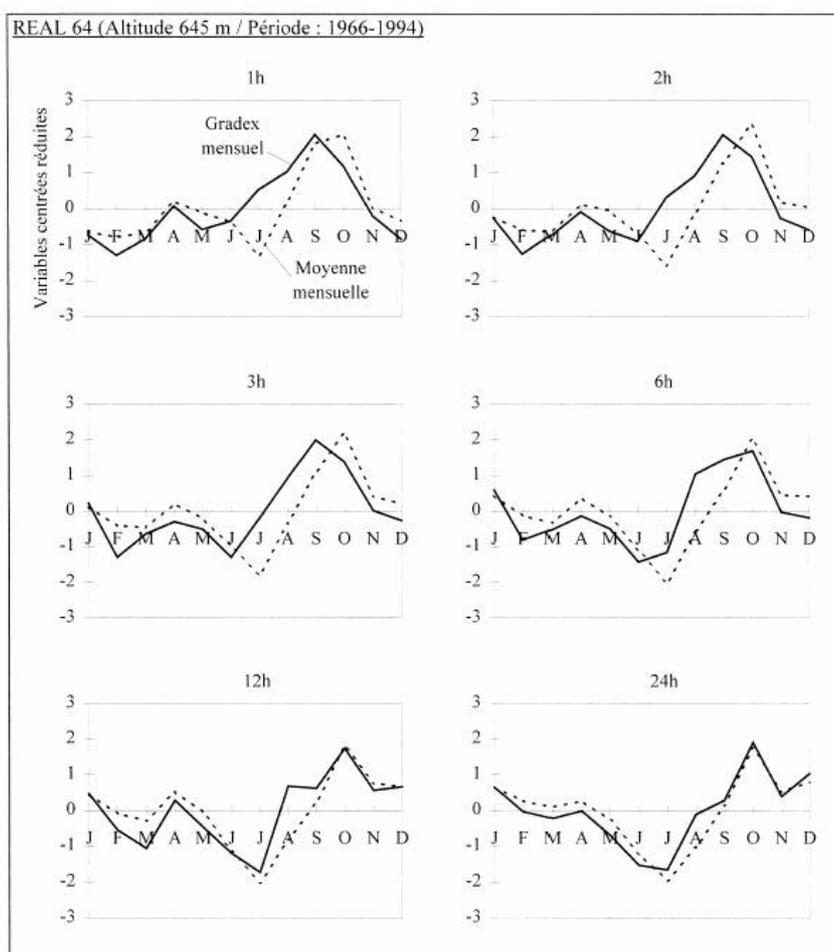


Illustration 46 : Cévennes - Gradex et moyennes mensuelles centrées réduites en fonction des mois pour 6 pas de temps (source A. Kieffer Weisse , 1998, thèse INPG Grenoble)

Réalisées à l'aide de données correspondant à 109 postes (Hérault + Gard) sur 15 ans, les résultats sont présentés sous forme de cartes de pluies journalières maximales sur 2 ans, 5 ans, 10 ans, 100 ans et 1000 ans. Après analyse, seules les données pour 2 et 5 ans semblent pertinentes. Pour les calculs de l'aléa, elles ont été recodées en 5 classes afin de rester conforme avec le modèle INRA national.

L'illustration 47 permet de voir à gauche la carte nationale du facteur Erosivité-Pluie réalisée par Météo France et l'INRA (maille 5x5 km), au centre la pluie journalière maximale avec une période de retour de 2 ans, et à droite la même donnée avec une période de retour de 5 ans.

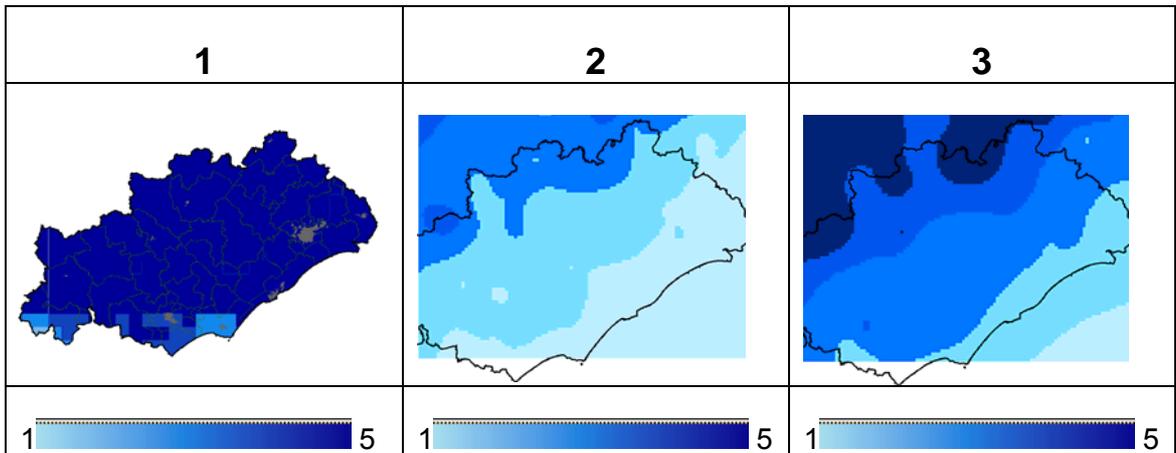


Illustration 47 : Pluviométrie : (1) : quintile automne étude nationale, (2) pluie journalière maximale période de retour 2 ans, (3) : pluie journalière maximale période de retour 5 ans

2.4.3. Calcul de l'aléa érosion

C'est donc en ingérant ce 5ème critère qu'est le facteur pluviométrique que le modèle permet de passer de la sensibilité des sols à l'érosion au Risque Erosion (Illustration 48).

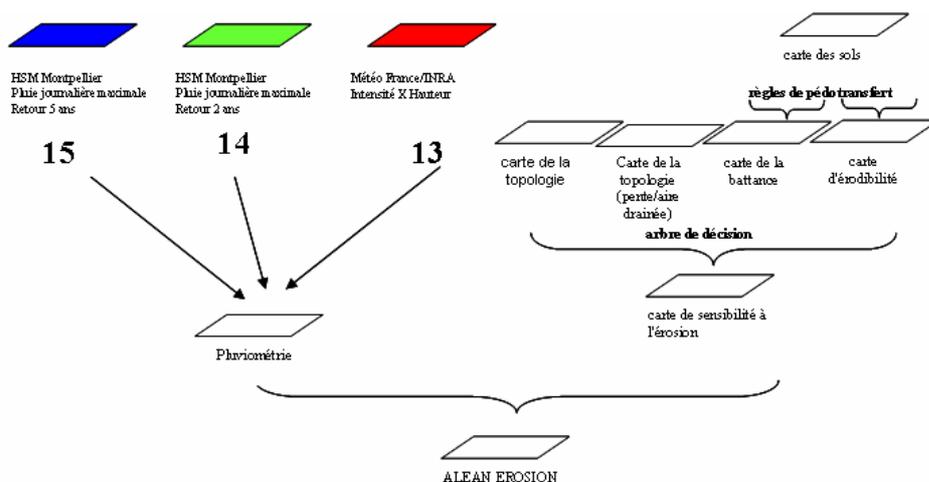


Illustration 48 : Scenarii proposés pour le calcul du Risque Erosion

L'illustration 49 présente la carte d'aléa produite avec les données 1/250.000 en Région Languedoc-Roussillon (MNT 250 m , Corine Land Cover, sols 1/1.000.000)

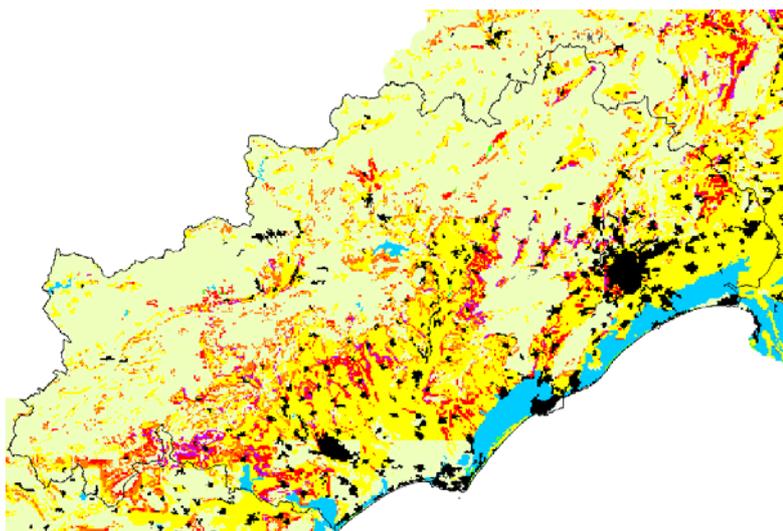


Illustration 49 : Aléa Erosion 1/250.000

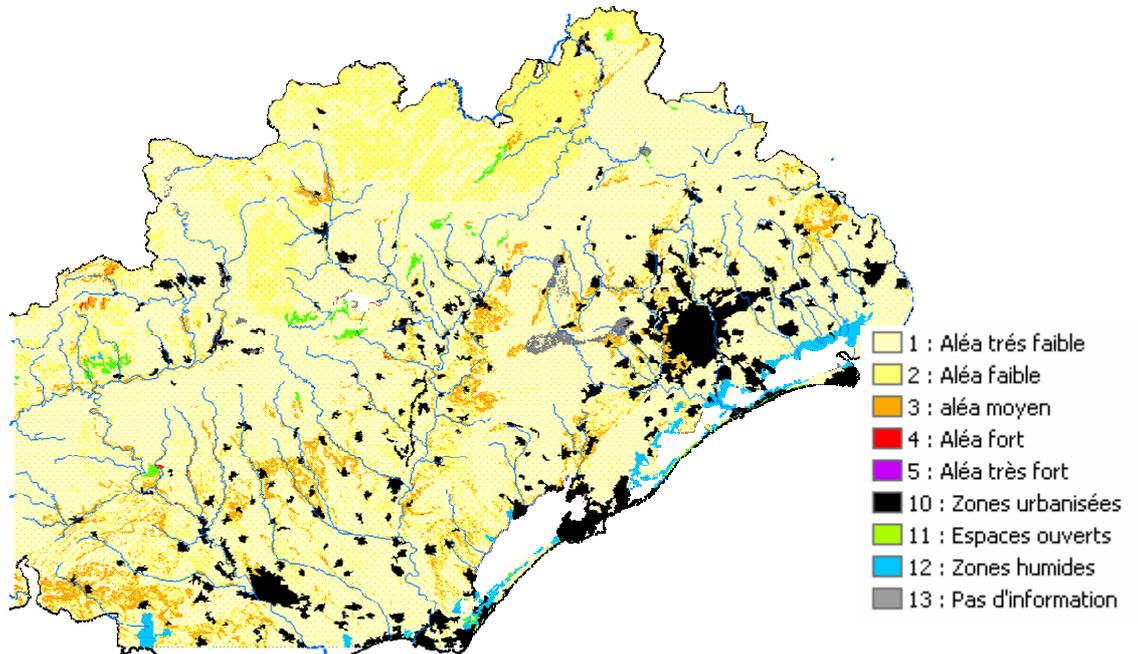


Illustration 50 : Aléa érosion (Scenario14) avec la pluie journalière maximale /Période de retour 2 ans

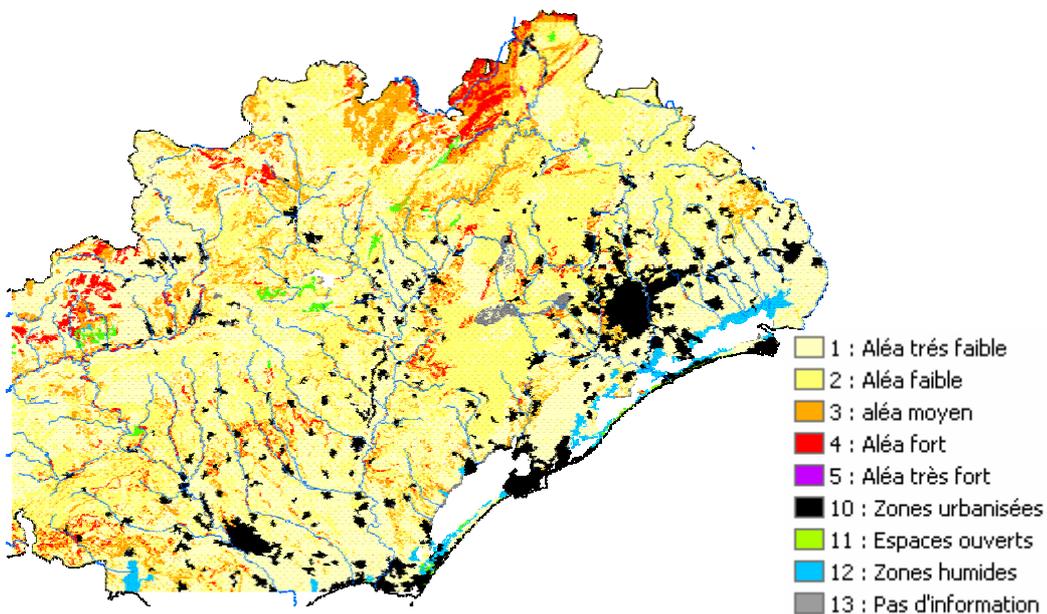


Illustration 51 : Aléa Erosion (Scenario15) avec la pluie journalière maximale /Période de retour 5 ans

Ces cartographies de l'aléa sont assez différentes des résultats obtenus à l'échelle du 1/250.000, avec des données différentes. La battance a été reprise, les données météorologiques sont plus adaptées, et la topographie tient compte de l'aire drainée.

Classe	Carte pluie t = 2 ans		Carte pluie t= 5 ans	
	Surface km ²		Surface km ²	
1: Aléa très faible	3533.4	68 %	2265.2	44 %
2: Aléa faible	942.6	18 %	1793.0	34 %
3: Aléa moyen	261.2	5 %	522.6	10 %
4: Aléa fort	2.5	0 %	158.5	3 %
5: Aléa très fort			0.4	0 %
10: Zones urbanisées	362.5	7 %	362.5	7 %
11: Zones de haute montagne	26.0	0 %	26.0	0 %
12: Zones humides	47.7	1 %	47.7	1 %
13: Pas d'information	29.9	1 %	29.9	1 %

Illustration 52 : Répartition des surfaces des cartes d'aléa calculées à l'aide de trois cartes météo différentes : t = 2 ans et t = 5 ans.

La classe d'aléa croît logiquement en passant pour une pluie journalière d'une période de retour de 2 ans à une période de retour de 5 ans.

Ceci est surtout marqué sur les zones de piémont et en montagne, où les cumuls pluviométriques deviennent rapidement importants avec des périodes de retour croissante.

La comparaison a été faite avec les données météorologiques nationales, mais elles ne sont pas du tout cohérentes, ce qui semble logique, vu la grande différence d'échelle existant entre les données d'entrée.

Ce sont ces données qu'il convient désormais de soumettre à l'appréciation de techniciens agricoles en charge des différents secteurs de l'Hérault.

3. Validation

Aucune donnée de terrain de mesure de l'érosion n'est disponible sur l'ensemble du département pour permettre une validation des cartes de sensibilité et d'érosion proposées. Aussi deux méthodes seront envisagées :

La première est l'utilisation du fichier nationale de déclarations des catastrophes naturelles (fichier CATNAT) comme cela a été fait pour valider l'étude nationale

L'interrogation d'experts travaillant sur le département, en s'appuyant sur la méthodologie mise en place en Bretagne.

3.1. CONFRONTATION AU FICHER DE DECLARATIONS CATNAT

Les déclarations par commune de coulées boueuses peuvent être extraites sur le site http://www.prim.net/professionnel/procedures_regl/export_gaspar/ du MEDD.

Les données correspondant au département de l'Hérault ont été extraites et sont représentées sur L'illustration 53. A la simple visualisation de la carte on s'aperçoit que les déclarations sont concentrées dans les communes les plus urbanisées (zones de Montpellier, Lunel, Béziers et Agde).

La confrontation avec les cartes d'aléa à l'érosion prenant en compte les pluviométries avec périodes de retour de 2 ans (scenario 14 / Illustration 50) et 5 ans (scenario 15 / Illustration 51) ne montre pas de concordance entre les cartes. La difficulté de la prise en compte de cette donnée vient du fait qu'elle tient naturellement compte des dommages occasionnés, et donc de la densité de la population. Plus une zone est peuplée, plus la probabilité d'avoir des déclarations enregistrées sera importante en cas d'érosion, de coulées de boue, ...

Par conséquent, ce fichier utilisé à l'échelle nationale ne pourra être intégré au niveau d'un département. Il convient alors de tourner la partie validation vers la consultation d'expert locaux.

Nombre de coulées par commune

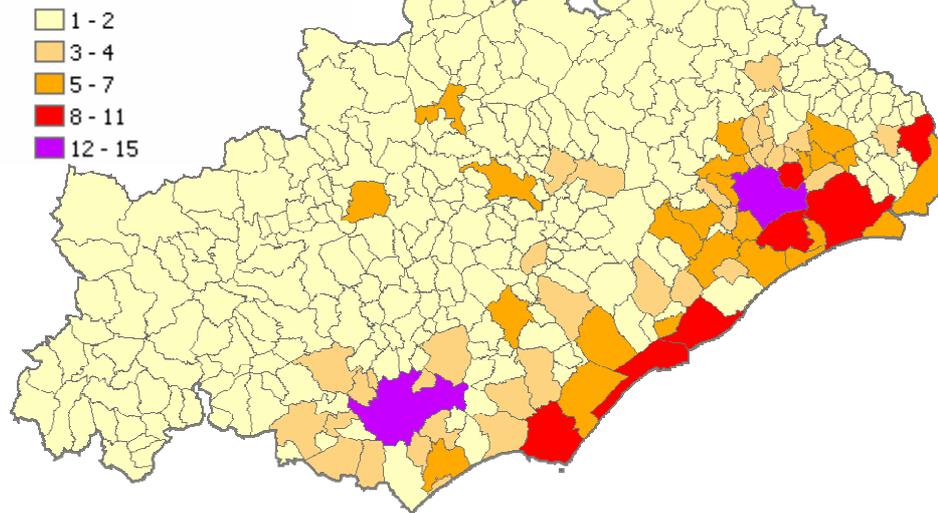


Illustration 53 : Déclarations « coulées boueuses » - fichier CATNAT/MEDD

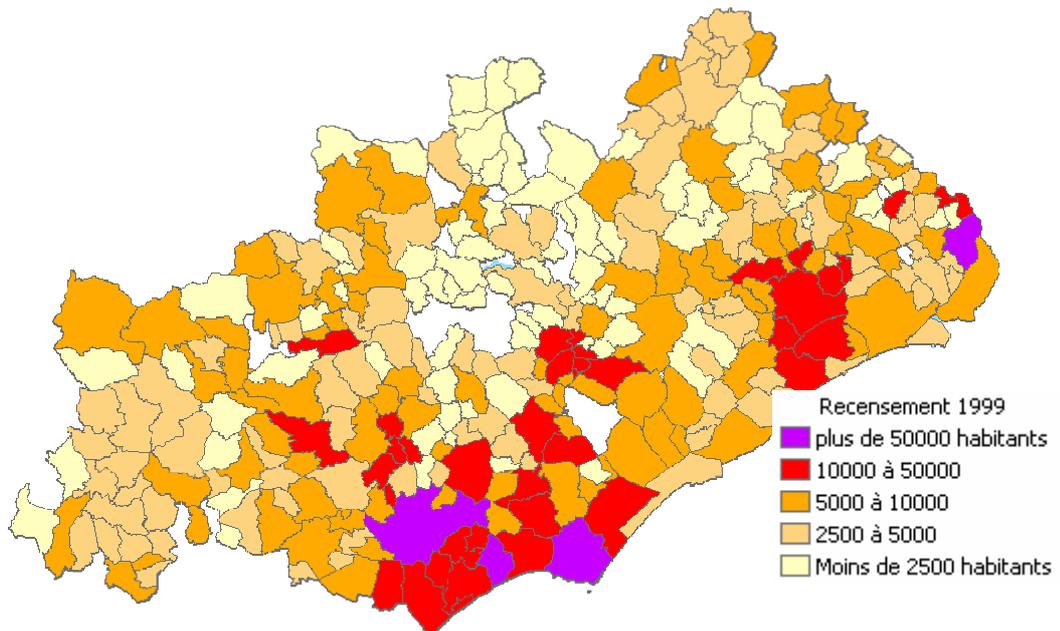


Illustration 54 : Densité de la population (source INSEE)

3.2. VALIDATION PAR EXPERTISES LOCALES

La méthodologie de validation par expertise a été proposée par A. Colmar, en Bretagne, dans la cadre d'un stage piloté par C. Walter (INRA / UMR SAS Rennes) ; elle vise à mettre en place une méthode de validation de la cartographie de l'aléa Erosion sur les 4 départements bretons. Cette approche s'appuie sur un questionnaire proposé à une ou plusieurs personnes, experts agronomes, Conseillers agricoles des Chambres d'Agriculture et connaissant tout ou partie de la zone d'étude.

La démarche recherchée dans l'Hérault a été similaire, en s'appuyant sur le réseau des conseillers agricoles de la Chambre d'Agriculture de l'Hérault, ainsi que sur des pédologues de l'INRA.

Le questionnaire suivant a été soumis aux différents experts (Chambre d'agriculture, pédologues de l'INRA, ..) (Illustration 55).

<p>I. Introduction</p> <p>1. Quelle est votre zone d'expertise</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> le département <input type="checkbox"/> un secteur du département <p style="color: red;">Tracer cette zone sur une carte vierge du département de l'Hérault</p> <p>II. Phénomène érosion</p> <p>2. Y a-t-il des phénomènes d'érosion dans votre département ou votre zone d'expertise</p> <p>3. A quelles saisons ont lieu ces manifestations ?</p> <p><input type="checkbox"/> Printemps <input type="checkbox"/> Été <input type="checkbox"/> Automne <input type="checkbox"/> Hiver</p> <p>4. Sur quelles cultures y a-t-il le plus d'érosion ?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> vignes <input type="checkbox"/> prairies <input type="checkbox"/> céréales <input type="checkbox"/> plantes sarclées (maïs...) <input type="checkbox"/> terres nues, jachères <input type="checkbox"/> cultures annuelles <input type="checkbox"/> cultures légumières <p>5. Importance du phénomène :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Quelle surface (%) occupe t'il sur votre zone d'expertise ? - Se répète-t-il souvent dans le temps ? - Est-il important en termes d'impacts ? <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Impacts environnementaux <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Perte de sol <input type="checkbox"/> Qualité de l'eau <input type="checkbox"/> Autres <input type="checkbox"/> Impacts agronomiques <p>III. Votre zonage</p>	<p>6. Quels sont selon vous dans l'Hérault les différents facteurs de l'érosion parmi cette liste ?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Pente <input type="checkbox"/> Sensibilité à la battance <input type="checkbox"/> Occupation du sol <input type="checkbox"/> Précipitations <input type="checkbox"/> Autre <p>7. Pouvez-vous les classer par ordre de responsabilité de l'érosion sur votre zone d'expertise ?</p> <p>8. Comment se manifeste l'érosion dans ces zones à fort aléa ?</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> dépôt de terre à l'aval des parcelles <input type="checkbox"/> ravines visibles dans les champs <input type="checkbox"/> atterrissement sur route <input type="checkbox"/> coulées de boue avec dégâts <input type="checkbox"/> Autres <p>IV. Réaction par rapport au zonage existant</p> <p>10. Le zonage décrit par le modèle IFEN-INRA vous</p>
---	--

<p>9. Pouvez-vous dessiner sur cette carte les zones d'aléas érosifs les plus forts (ravines, coulées de boue, ...)</p> <p>→ <i>Outil : carte du département de l'Hérault</i></p>	<p>semble-t-il valide ?</p> <p>→ <i>Outil : carte de l'aléa érosion du département de l'Hérault</i></p> <p>11. Pouvez-vous zoner les principales régions de votre zone d'expertise qui sont sur ou sous-estimées ?</p> <p>12. Quels facteurs de terrain pourraient expliquer les différences entre les tracés du zonage sur la carte et celui de votre zonage ?</p>
---	---

Illustration 55 : Questionnaire de validation

3.3. CONFRONTATION AUX CARTES D'ALEA PRODUITES

Le 30 novembre 2006 a été organisée une réunion de travail à la Chambre d'Agriculture de l'Hérault. 14 personnes ont assisté à cette réunion, dont 9 Conseillers Agricoles du département.

Après une présentation générale de la problématique Erosion par Y. Le Bissonnais (INRA/LISAH), le projet et la méthodologie suivie ont été détaillés. Enfin, le questionnaire précédemment décrit a été présenté, et remis aux participants, accompagné des cartographies à l'échelle du 1/200.000 des scénarii 10, 14 et 15.

- Scénario 10 : SENSIBILITE = Corine Land Cover 2000 X Pentes avec Aire drainée X Battance 2006 X Erodibilité 2006
- Scénario 14 : ALEA = SENSIBILITE scénario 10 X Pluie période de retour 2 ans
- Scénario 15 : ALEA = SENSIBILITE scénario 10 X Pluie période de retour 5 ans

3.3.1. Territoire couvert par la compétence des experts

La couverture du département est quasi-totale. Les 9 conseillers agricoles présents sont spécialisés dans des domaines différents : viticulture, arboriculture, grandes cultures, élevage. Leur zone de compétence couvre tout ou partie de l'Hérault. Sur l'illustration 56, chacun d'entre eux a délimité sa zone de compétence

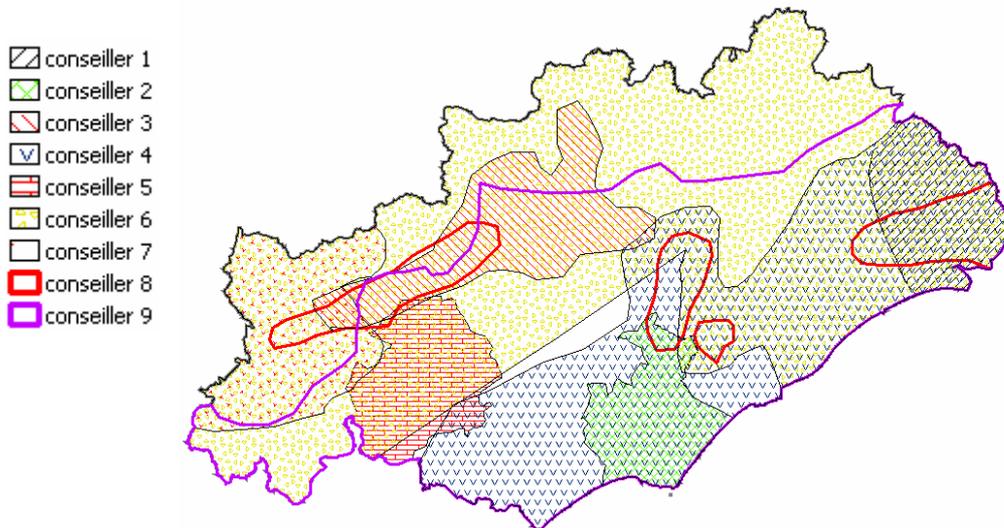


Illustration 56 : Couverture du département par les Conseillers Agricoles de la CA34

3.3.2. Analyse des réponses

Classement des facteurs de l'érosion

L'importance du facteur érosion a été analysée en fonction du classement des différents facteurs proposés par les Conseillers. Une note synthétique est calculée (coefficient 4 si rang 1, coefficient 3 si rang 2, coefficient 2 si rang 3 et coefficient 1 si rang 4). On s'aperçoit alors que la perception des paramètres majeurs est différente d'un expert à l'autre. En effet, les précipitations, l'occupation du sol et les pentes constituent les 3 critères qui se détachent largement, devant la sensibilité à la battance et l'érodibilité. Le paramètre « techniques culturales » a été proposé. Non intégré dans une approche régionale car non disponible sur de telles surfaces, il constitue en effet un critère important que des modèles utilisés à plus haute résolution tels que STREAM peuvent prendre en compte (sens du labour, rigoles, ...)

	Rang de « responsabilité » de l'érosion				
	1	2	3	4	synthèse
Précipitations	xxxx	xx	x		20
Occupation du sol	xx	xx	xxx	xx	22
Sensibilité à la battance			xxx	xx	8
Pente	xxx	xxxx	x		22
Autres (techniques culturales)		x		x	4

Illustration 57 : Classement des critères selon les experts

Saison la plus sensible

L'automne est la période la plus sensible pour l'érosion des sols. (Illustration 58). Il s'agit de la période présentant les plus forts cumuls pluviométriques, très fréquemment intenses sous formes d'orages violents.

	Rang de « responsabilité » de l'érosion			
	1	2	3	synthèse
Automne	xxxxxxxx			36
Hiver		Xxxx	xx	16
Printemps		X	xx	7
Eté		Xxx		9

Illustration 58 : Classement de la saison la plus sensible

Cultures les plus sensibles

	Réponses
Vignes	XXXXXXXXXX
Prairies	
Céréales	
Sols nus	XXXX
Cultures annuelles	XX
Cultures pérennes	XX

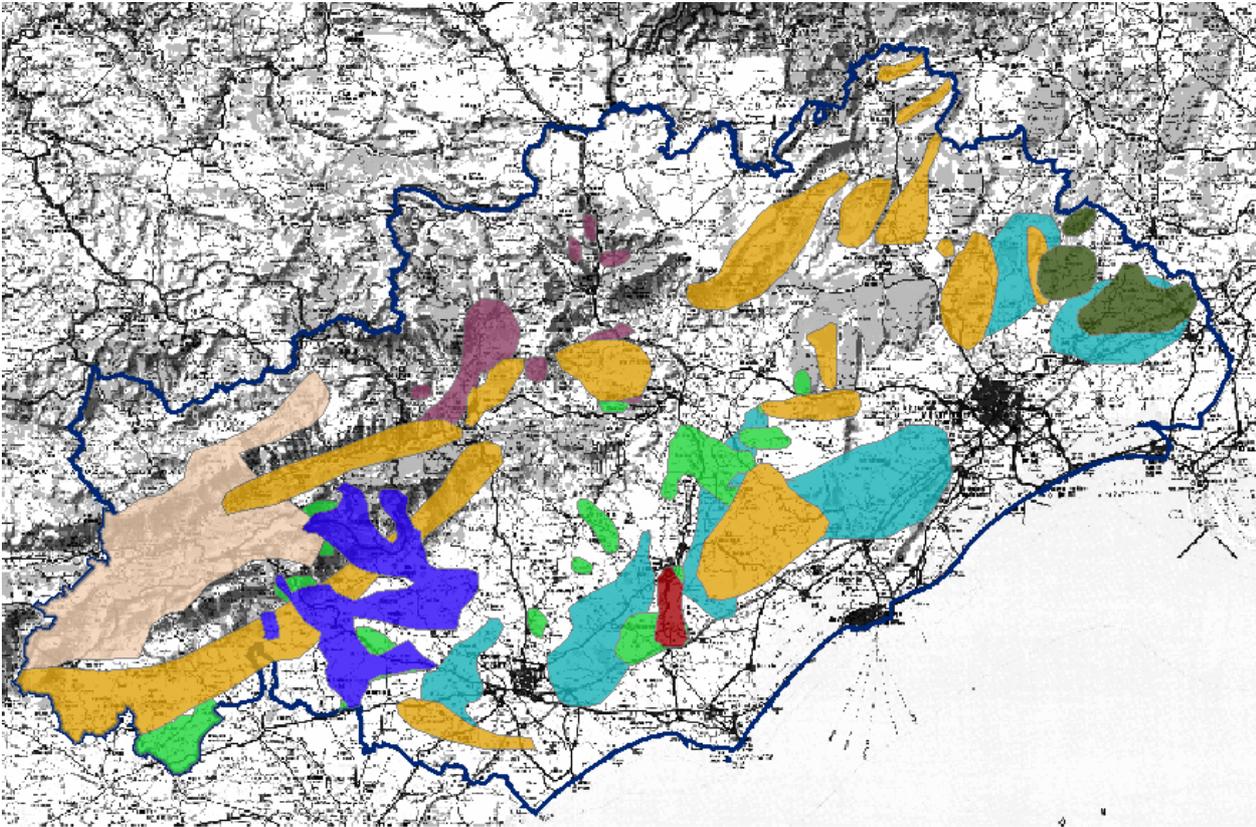
Illustration 59 : Classement des types d'occupation les plus sensibles

La vigne est indiscutablement le type d'occupation du sol le plus sensible, devant les sols nus agricoles (Illustration 59)

Localisation des zones de forte érosion

Les indices d'érosion se traduisent par des dépôts de terre à l'aval des parcelles (8 réponses sur 9), des ravines visibles dans les champs (8 sur 9), des dépôts sur routes (7 sur 9). Les coulées de boue (4 réponses sur 9) sont plus occasionnelles et correspondent à des phénomènes pluviométriques très intenses.

Ces indices d'érosion (coulées de boue, ravines, ..) se retrouvent surtout dans les vallées de l'Hérault et de l'Orb, ainsi que dans le Minervois. On retrouve aussi le secteur Nord-Est de Montpellier, entre Montpellier et Sommières. Sur les Hauts-cantons, les phénomènes observés sont plus rares (Illustration 60).



*Illustration 60 : Report des zones sur lesquelles des indices d'érosion ont été observés
(1 couleur par expert)*

Localisation des écarts expertise / carte érosion IFEN-INRA

Ponctuellement, les conseillers agricoles ont pointé des zones pour lesquelles ils estiment qu'il y a une surestimation ou une sous-estimation de l'érosion. Les différences reportées sur l'illustration 61 montrent certaines surestimations ou sous-estimation de l'aléa érosion, sur les trois scénarii présentés.

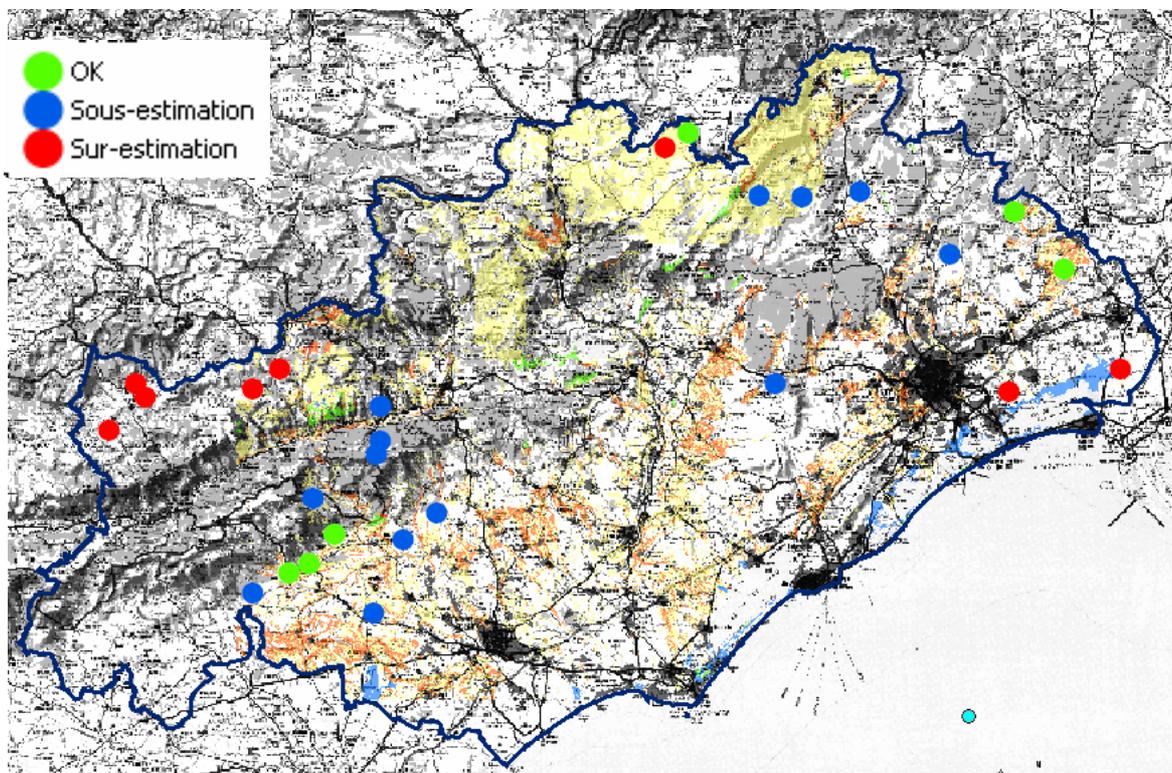


Illustration 61 : Représentation des différences ponctuelles.

Les critères battance et érodibilité sont probablement responsables des surestimations observées dans la zone de Marsillargues, entre Montpellier, Mauguio et Lunel. En effet, la sensibilité à l'érosion (scenario 10) est ici moyenne par endroit, dans une zone totalement plate, sans aucun indice d'érosion. Il faut cependant noter que sur la carte d'aléa n°14, le niveau est faible, donc cohérent.

La période de retour de 5 ans (scenario 15) accentue trop fortement l'aléa sur les hauts cantons, dans des zones où l'érosion est exceptionnelle, et de plus considérée plus comme géologique (vallée de la Vis) que liée à l'utilisation classique des sols par l'Homme.

3.3.3. Conclusion partielle

Le scénario 14 (Corine Land Cover 2000, battance et érodibilité au 1/250.000 mis à jour en 2006), pentes pondérées par l'aire drainée ruisselante, pluie journalière maximale avec une période de retour de 2 ans) apparaît comme le plus cohérent à l'ensemble des experts.

En effet, l'aléa érosion est plus conforme à la réalité du terrain qu'ils côtoient. **On retiendra donc pour le critère « Pluviométrie » les pluies maximales journalières, avec une période de retour de 2 ans.** Il s'agit des maximums journaliers rencontrés en automne, période la plus sensible selon une large majorité d'experts.

L'occupation du sol reste un paramètre majeur, mais surtout, au sein de l'occupation du sol, la viticulture. Aussi, la prise en compte de cette information pour une adaptation du critère « Pentes » sera retenue : **l'aire drainée devra être prise en compte, mais l'aire drainée ruisselante comme correctif des pentes sera un plus dans des régions comme l'Hérault** où l'occupation du sol sera très contrastée, entre les zones de vignobles, sensibles, ou les grandes étendues forestières, protectrices.

4. Conclusion

Définie au niveau national par l'INRA, la méthodologie de cartographie de l'aléa érosion, basée sur un système expert, a nécessité une adaptation pour une transposition à l'échelle départementale.

Ce travail, qui avait été amorcé précédemment lors de plusieurs études régionales (réf. Haute Normandie, Aisne, Bretagne) s'est focalisé dans ce rapport sur le département de l'Hérault.

Une série de scénarii a été constituée, afin de voir comment améliorer les paramètres du modèle que sont les pentes, l'occupation du sol, la battance, l'érodibilité, et naturellement la pluviométrie.

Ces scénarii ont fait l'objet de discussions entre l'INRA et le BRGM, avant d'être présentés pour validation à la Chambre d'Agriculture de l'Hérault, aux Conseillers Agricoles du département, en contact direct avec le milieu naturel. Leurs remarques et avis ont été pris en compte, afin de valider le scénario n°14.

(1) A la carte des pentes issue d'un MNT IGN 250 m, on a substituée une carte des pentes calculées à l'aide du MNT IGN 50m, avec pondération par l'aire drainée ruisselante : on tient ainsi compte pour un pixel donné de l'impluvium, ainsi que de l'occupation du sol sur cet impluvium.

(2) On a utilisé la battance et l'érodibilité cartographiées à l'échelle régionale (1/250.000) à partir de la BD Sols de l'INRA, et mise à jour en 2006. Cette précision liée au changement d'échelle est impératif, aucune cartographie de l'érosion Départementale (1/100.000 au 1/250.000) ne pouvant raisonnablement prendre en compte comme donnée d'entrée une carte de base au 1/1.000.000 (échelle de la carte pédologique en France).

(3) les données pluviométriques moyennes annuelles ne peuvent convenir au contexte cévenol car elles sous estiment les événements à forte intensité. La réalisation par l'Université de Montpellier d'une cartographie des pluies journalières maximales avec des périodes de retour variable a permis d'intégrer la carte avec une période de retour de 2 ans ; il s'agit en effet après validation de la carte la plus compatible avec la problématique « érosion agricole ».

5. Remerciements

Les auteurs du rapport tiennent particulièrement à remercier les conseillers agricoles de la Chambre d'Agriculture de l'Hérault pour l'aide précieuse qu'ils ont apportée à la procédure de validation en faisant bénéficier le projet de leur expertise du terrain.

6. Bibliographie

Cerdan O., Souchère V., Lecomte V., Couturier A., Le Bissonnais Y. - 2002. Incorporating soil surface crusting processes in an expert-based runoff and erosion model STREAM (Sealing Transfer Runoff Erosion Agricultural Modification). *Catena* 46, 189-205.

Le Bissonnais* Y., Thorette J., Bardet*** C., Daroussin* J.** - 2002. L'érosion hydrique des Sols en France. Rapport INRA-IFEN

Kirkby M.J., Le Bissonnais Y., Coulthard T. J., Daroussin J. McMahon M. D.(2000). The development of land quality indicators for soil degradation by water 40.

Le Bissonnais Y., C. Montier, M. Jamagne, J. Daroussin, D. King (2002). Mapping erosion risk for cultivated soil in France. *Catena*, 46, 207-220.

Blanchard E., C. King, Y. Le Bissonnais, A. Bourguignon, J-F. Desprats, P. Maurizot, V. Souchère, (1999). Paramétrisation du potentiel de ruissellement des bassins versants au moyen de la Télédétection et des Systèmes d'Informations Géographiques. Application à des bassins versants du Pays de Caux, *Etude et Gestion des Sols*, 6, 181-199.

Le Bissonnais Y., Dubreuil N., Daroussin J., Gorce M. (2004). Modélisation et cartographie de l'aléa d'érosion des sols à l'échelle régionale. Exemple du département de l'Aisne. *Etude et Gestion des Sols*, 11, 3, 165-179. Antoni V., Y. Le Bissonnais, J. Thorette, N. Zaidi, B. Laroche, S. Barthès, J. Daroussin,

D. Arrouays (2006). Modélisation de l'aléa érosif des sols en contexte méditerranéen à l'aide d'un Référentiel Régional Pédologique au 1/250.000 et confrontation aux enjeux locaux. *Etude et Gestion des Sols*. 13, 3, 201-222.

Le Bissonnais Y., De Noni, G., Blavet D., Laurent J.-Y., Asseline J., Chenu C. 2006. Erodibility of Mediterranean vineyard soils: relevant aggregate stability methods and significant soil variables. *European Journal of Soil Science*, in press.

Souadi T. , King C., Le Bissonnais Y. (2000). Cartographie de l'aléa érosion des sols en région Haute Normandie. BRGM/RP 50454FR, 95 p.

Dubreuil N., King C., Lecomte V., Souchère V., Y. Le Bissonnais (2002). Régionalisation d'un modèle de ruissellement en zone agricole (STREAM). BRGM/RP 51115-FR, 150p.

Colmar A. 2006. Evaluation du risque érosif en Bretagne: analyse de sensibilité et validation du modèle IFEN-INRA. Mémoire de fin d'études d'Ingénieur ENITA, 56 p + Annexes.



**Centre scientifique et technique
Service ARN**

3, avenue Claude-Guillemin
BP 6009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34