

ANNEXE

1	Téledétection.....	367
1.1	Traitements préliminaires	367
1.1.1	Correction atmosphérique	367
1.2	Classifications de l'occupation du sol	371
1.2.1	Classifications non supervisées	371
1.2.2	Classifications supervisées	376
1.3	Dynamique de la forêt	378
1.3.1	Le district.....	378
1.3.2	Les municipalités	378
2	Analyse spatiale multicritère	379
2.1	Matrice de corrélation.....	379
2.2	Scénarios	382
2.2.1	Scénario 1	382
2.2.2	Scénario 3.....	386
2.3	L'incertitude des scénarios	387
2.3.1	Affectations incertaines des classifications	387
2.3.2	La participation des variables (test de signification)	391
3	Le conflit d'usages dans les municipalités	393
3.1	Pourcentage des surfaces municipales dans les zones du « district de gestion intégrée ».....	393
3.2	« Dynamique de la forêt » entre 1989 et 2003 dans les municipalités du « district de gestion intégrée »	395

1 Télédétection

1.1 Traitements préliminaires

1.1.1 Correction atmosphérique

Deux groupes de paramètres peuvent être distingués, à savoir ceux qui se rapportent à l'effet de l'atmosphère et ceux qui sont dus au capteur (*cf.* tableaux ci-dessous). En ce qui concerne le premier groupe de paramètres, nous disposons de l'heure de prise de vue en temps universel, de l'angle d'élévation solaire et de l'azimut au même moment. Quant au deuxième groupe, nous disposons de la longueur d'onde au centre de la bande spectrale et des luminances minimum et maximum pour le satellite TM et du *Gain* et *Offset* pour le satellite ETM.

L'estimation de l'effet de diffusion et d'absorption de l'atmosphère se traduit par le calcul de l'« épaisseur optique ». Les paramètres du capteur permettent de transformer le signal en mode radiance, celui-ci étant nécessaire à la comparaison de deux images différentes. Étant donnés ces paramètres, le modèle $Cos(t)$ proposé par Chavez (1996), cité par Eastman (2001), permet d'estimer l'épaisseur optique à l'aide du cosinus de l'angle d'élévation solaire comme facteur supplémentaire et de passer en mode radiance.

Les paramètres de correction atmosphérique pour Landsat 5

Scènes	Temps universel GMT (24h)	Angle d'élévation du soleil (0° à l'horizon)	Azimut (0° au sud)	Longueur d'onde au centre de la bande ^a (μm)	Lmin ou Luminance minimum ^b ($\text{mW}/(\text{cm}^2 \cdot \text{str} \cdot \mu\text{m})$)	Lmax ou Luminance maximum ^b ($\text{mW}/(\text{cm}^2 \cdot \text{str} \cdot \mu\text{m})$)
TM1_93	19.5	52.5	87.6	0.485	-0.152	15.210
TM2_93	19.5	52.5	87.6	0.56	-0.284	29.681
TM3_93	19.5	52.5	87.6	0.66	-0.117	20.430
TM4_93	19.5	52.5	87.6	0.83	-0.151	20.620
TM5_93	19.5	52.5	87.6	1.66	-0.037	2.719
TM6_93	19.5	52.5	87.6	11.40	1.124	1.530
TM7_93	19.5	52.5	87.6	2.215	-0.015	1.438
TM1_96	19.5	51.8	110.2	0.485	-0.152	15.210
TM2_96	19.5	51.8	110.2	0.56	-0.284	29.681
TM3_96	19.5	51.8	110.2	0.66	-0.117	20.430
TM4_96	19.5	51.8	110.2	0.83	-0.151	20.620
TM5_96	19.5	51.8	110.2	1.66	-0.037	2.719
TM6_96	19.5	51.8	110.2	11.40	1.124	1.530
TM7_96	19.5	51.8	110.2	2.215	-0.015	1.438

Sources: ^a http://edc.usgs.gov/guides/landsat_tm.html#tm5; ^b <http://landsat.usgs.gov/documents/L5TMCal2003.pdf>

Les paramètres de correction atmosphérique pour Landsat 7

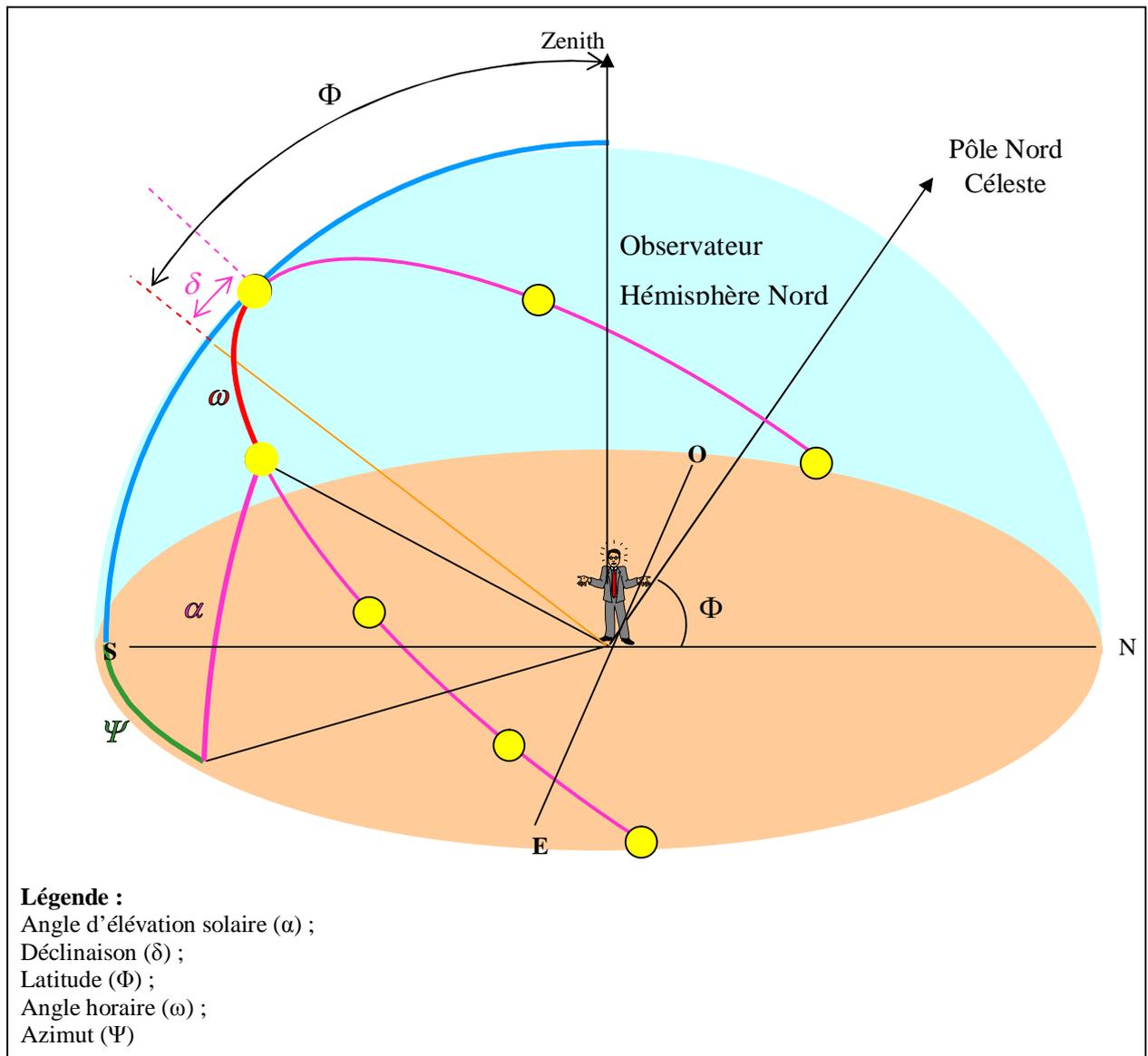
Image	Temps universel ou GMT (24h)	Angle d'élévation du soleil (0° à l'horizon)	Azimut (0° au sud)	Longueur d'onde au centre de la bande (μm) ^a	BIASES (OFFSET) ^a ($\text{mW}/(\text{cm}^2 \cdot \text{str} \cdot \mu\text{m})$)	GAINS ^a ($\text{mW}/(\text{cm}^2 \cdot \text{str} \cdot \mu\text{m})$)
ETM1_02	18.9	60.3	58.1	0.485	-0.6200	0.1176
ETM2_02	18.9	60.3	58.1	0.57	-0.6400	0.1205
ETM3_02	18.9	60.3	58.1	0.66	-0.5000	0.0939
ETM4_02	18.9	60.3	58.1	0.84	-0.5100	0.0965
ETM5_02	18.9	60.3	58.1	1.66	-0.1000	0.0190
ETM7_02	18.9	60.3	58.1	2.22	-0.0350	0.0066
ETM1_03	19.6	50.2	53.6	0.485	-0.6200	0.1176
ETM2_03	19.6	50.2	53.6	0.57	-0.6400	0.1205
ETM3_03	19.6	50.2	53.6	0.66	-0.5000	0.0939
ETM4_03	19.6	50.2	53.6	0.84	-0.5100	0.0965
ETM5_03	19.6	50.2	53.6	1.66	-0.1000	0.0190
ETM7_03	19.6	50.2	53.6	2.22	-0.0350	0.0066

Sources: ^a http://tpwww.gsfc.nasa.gov/IAS/handbook/handbook_toc.html

Ce modèle est adapté au manque d'information. En effet, nous avons obtenu la plupart de ces paramètres de correction radiométrique dans des manuels et dans les entêtes des scènes. Néanmoins, il y en a eu d'autres dont l'estimation s'est avérée nécessaire au préalable afin d'entamer la modélisation. D'une part, l'angle de vue du satellite a été considéré comme nul, faute d'information. Cette valeur est aussi utilisée par défaut dans le modèle de Chavez (1996). D'autre part, l'angle d'élévation du soleil et l'heure de prise de vue sont calculés pour TM93 et ETM03 respectivement, selon Calera Belmonte et Barbero (2005)¹. Il s'agit du calcul de l'angle d'élévation solaire en fonction de la déclinaison, de la latitude et de l'angle horaire (cf. Figure c-dessous).

¹ <http://www.uclm.es/profesorado/ajbarbero/Teoria/FA0405%20Tema01%20Mov%20Tierra.ppt>

Représentation de la trajectoire du soleil



Adapté de Calera Belmonte et Barbero (2005)

Nous travaillons les équations 1, 2 et 3 de manière simultanée. Quelques précisions sont à cet effet nécessaires. Notons que les satellites Landsat passent tous les 16 jours au même endroit, pour croiser l'équateur vers 10h30 heure locale (Landsat 7) et vers 9h30 heure locale (Landsat 5). Cependant, l'heure de prise de vue et/ou l'angle d'élevation solaire ne sont pas identiques pour chacun des satellites mentionnés ; il est donc nécessaire de les calculer. Nous ne connaissons a priori que l'heure de prise de vue de la scène TM96 et l'angle d'élevation solaire des scènes ETM. Nous avons supposé l'heure de prise de vue des scènes TM égales à celle de 1996. Tandis que l'angle d'élevation solaire des scènes

ETM est connu, celui des scènes TM est donc calculé en fonction de la latitude, de la déclinaison et de l'heure de prise de vue.

$$\delta = 0.409 \cdot \frac{180}{\pi} \cdot \text{sen} \left(\frac{2\pi J}{365} - 1.39 \right)$$

où J : jour de l'année (1...365)

(Equation 1)

$$\sin \alpha = \sin \delta \cdot \sin \Phi + \cos \delta \cdot \cos \Phi \cdot \cos \omega$$

où : $\frac{d\omega}{dt} = 15 \frac{\text{degres}}{\text{heure}}$

(Equation 2)

$$\cos \Psi = \frac{\sin \alpha \cdot \sin \Phi - \sin \delta}{\cos \alpha \cdot \cos \Phi}$$

où : $\Psi = 0^\circ$ au Sud }
 $\Psi = 180^\circ$ au Nord } (-) à l'ouest et (+) à l'est

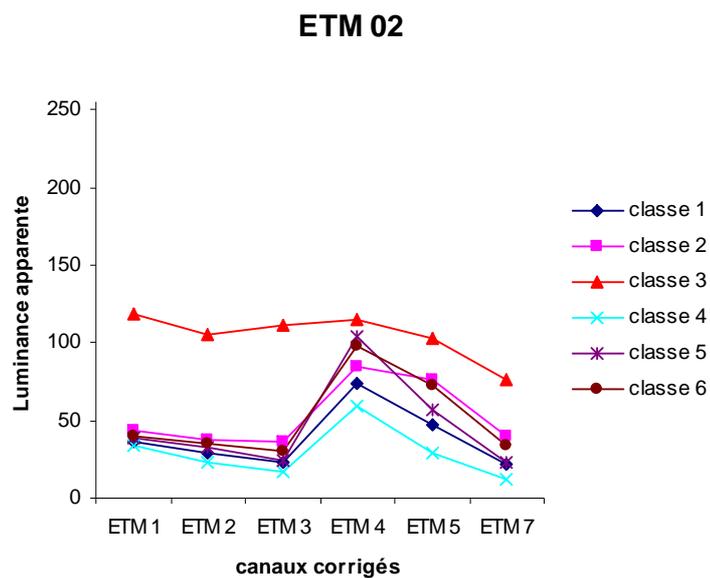
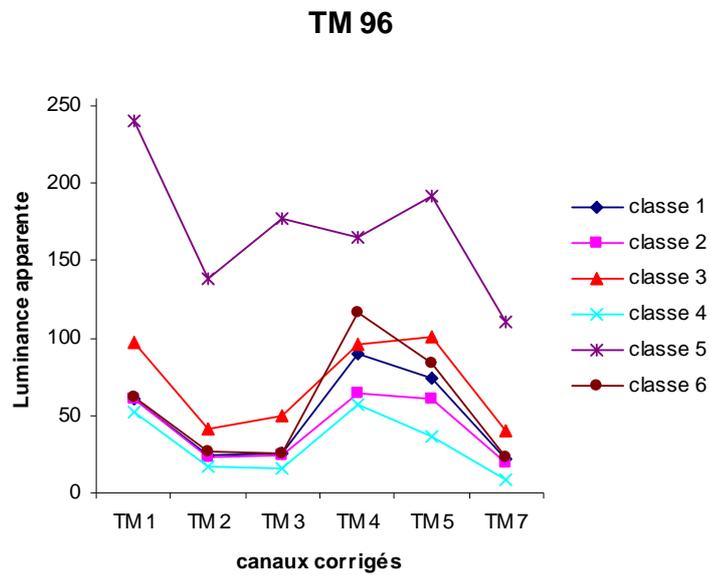
(Equation 3)

Les résultats de cette correction radiométrique sont des images dont la valeur du pixel est mesurée en termes de radiance, permettant par la suite l'analyse diachronique de la végétation.

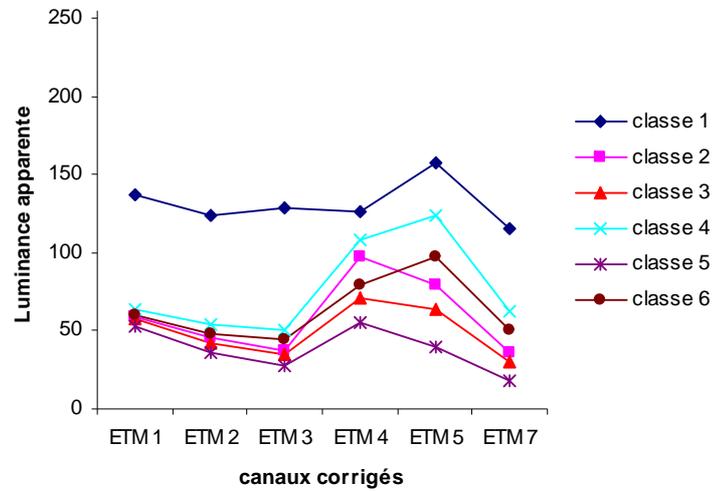
1.2 Classifications de l'occupation du sol

1.2.1 Classifications non supervisées

Signature spectrale des six classes préliminaires:



ETM 03



Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

Deux regroupements de ces classes préliminaires ont eu lieu pour en garder seulement quatre par scène. Dans un premier temps, les classes suivantes ont été regroupées :

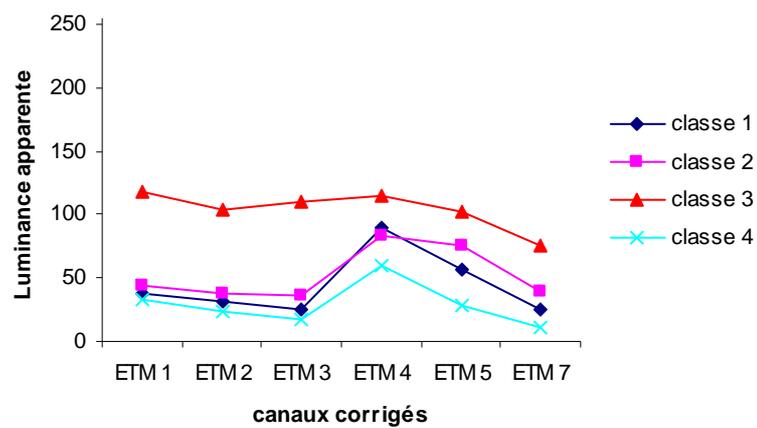
- Classes 2 et 7 de l'image TM 96 (distance = 1515.6) ;
- Classes 2 et 6 de l'image ETM 02 (distance = 1443.6) ;
- Classes 3 et 4 de l'image ETM 03 (distance = 1422.8).

Puis, sur les cinq nouvelles classes, un dernier regroupement a été effectué en gardant finalement quatre classes :

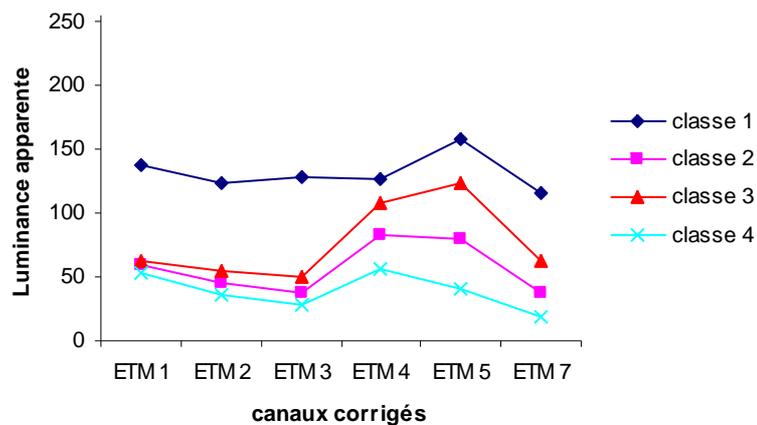
- Classes 1 et 2 de l'image TM 96 (distance = 1603.2) ;
- Classes 1 et 5 de l'image ETM 02 (distance = 1440.3) ;
- Classes 2 et 5 de l'image ETM 03 (distance = 1471.2).

Signatures spectrales moyennes des quatre classes préliminaires :

ETM 02

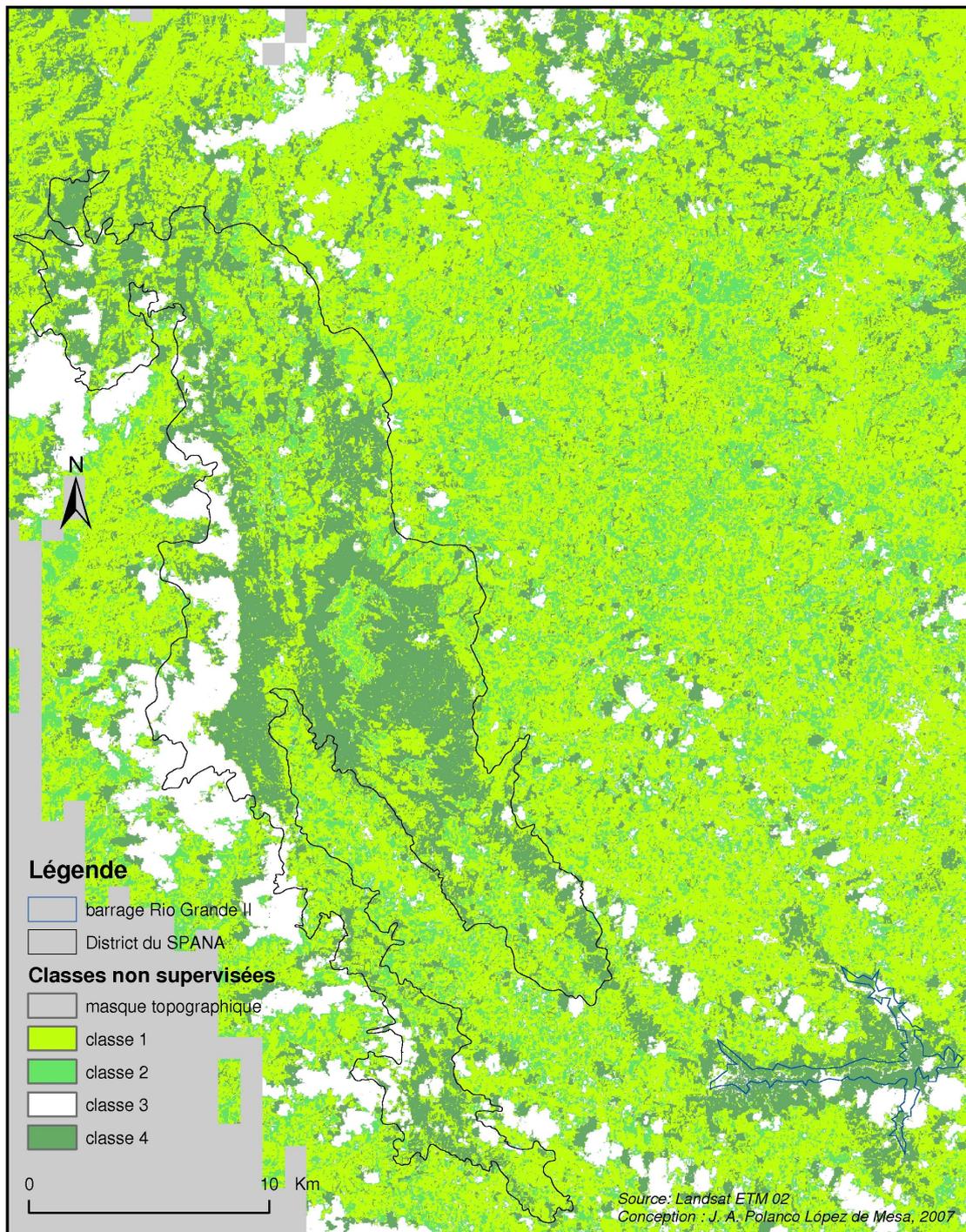


ETM 03

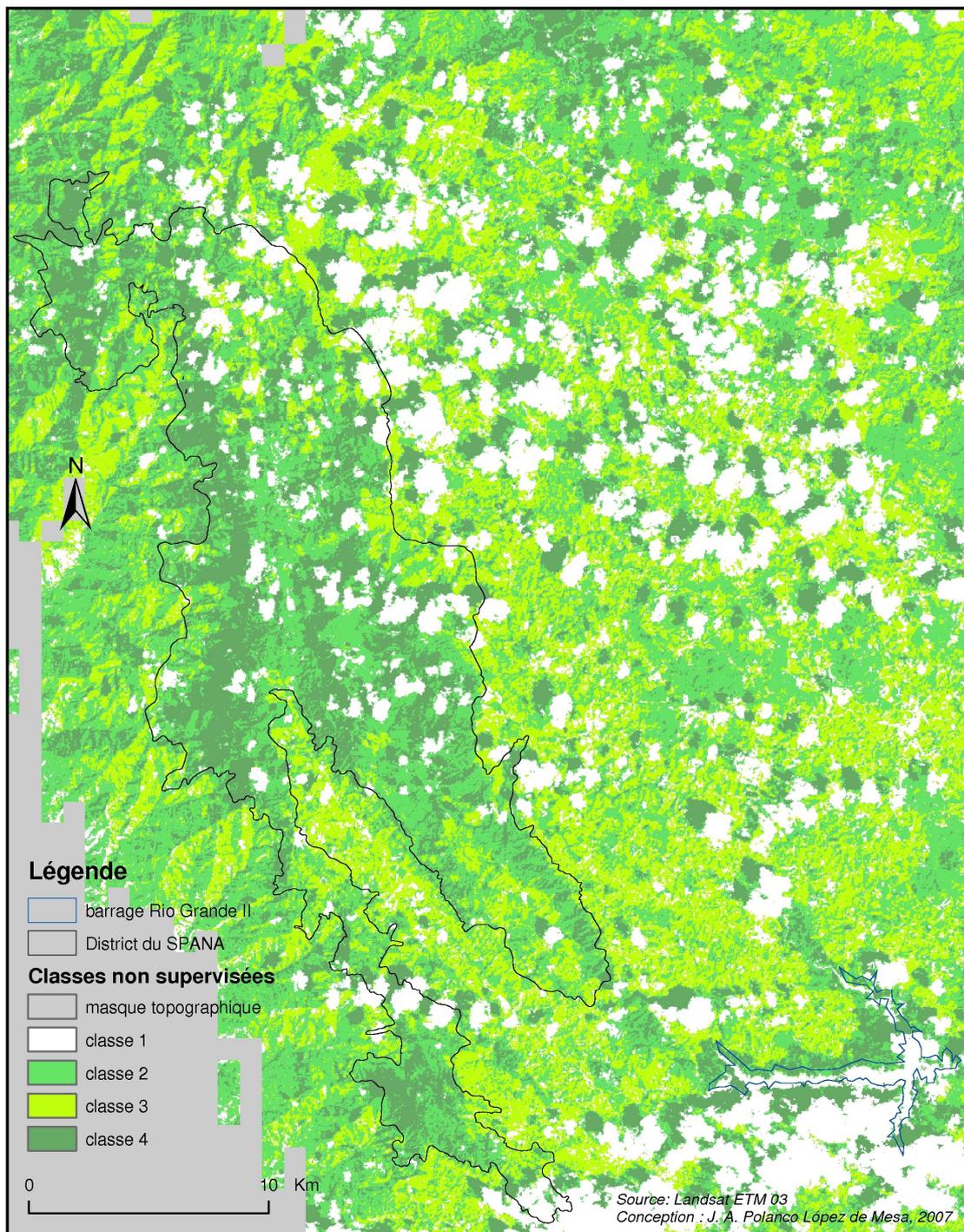


Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

Classification non supervisée de la scène ETM 02 :

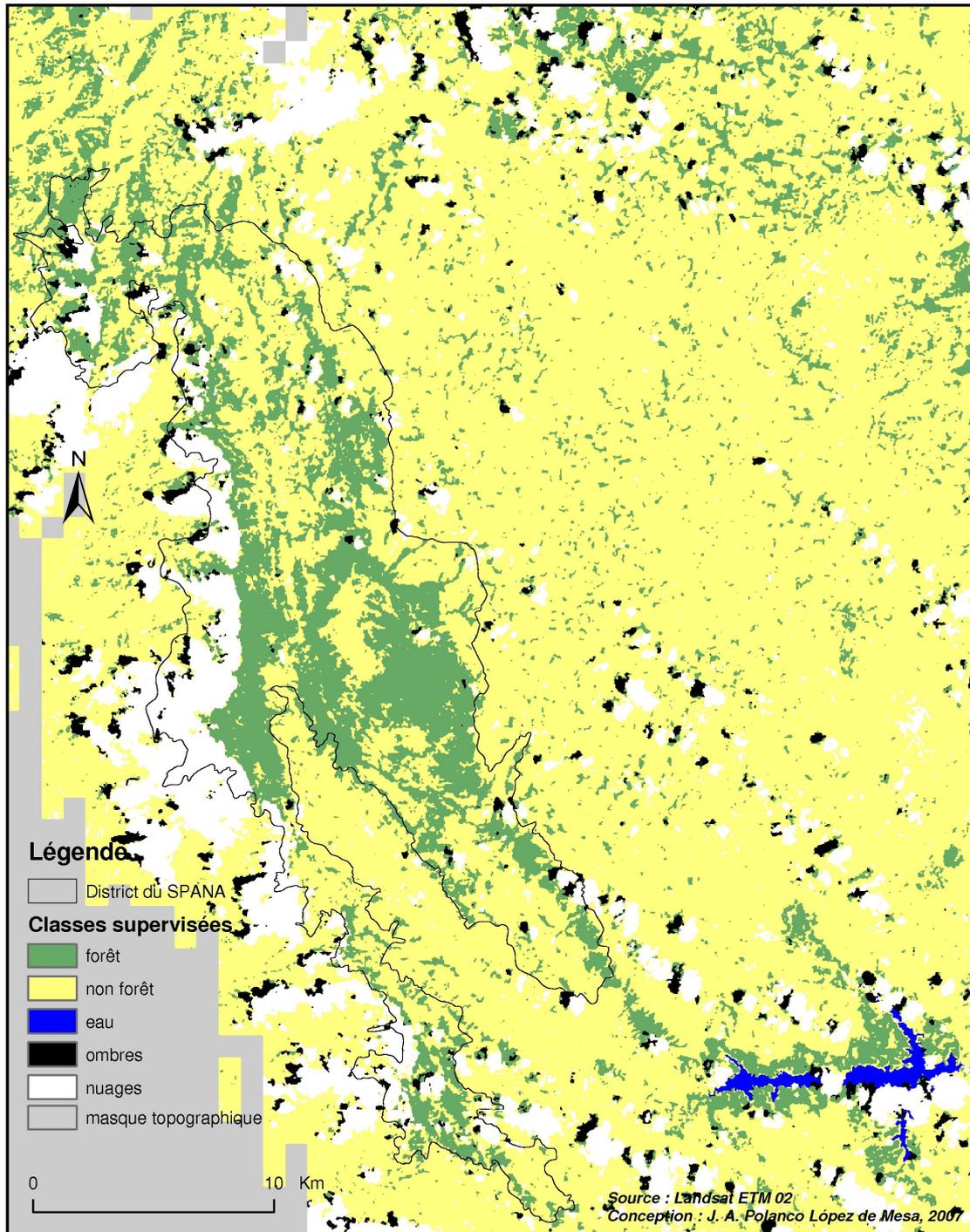


Classification non supervisée de la scène ETM 03 :

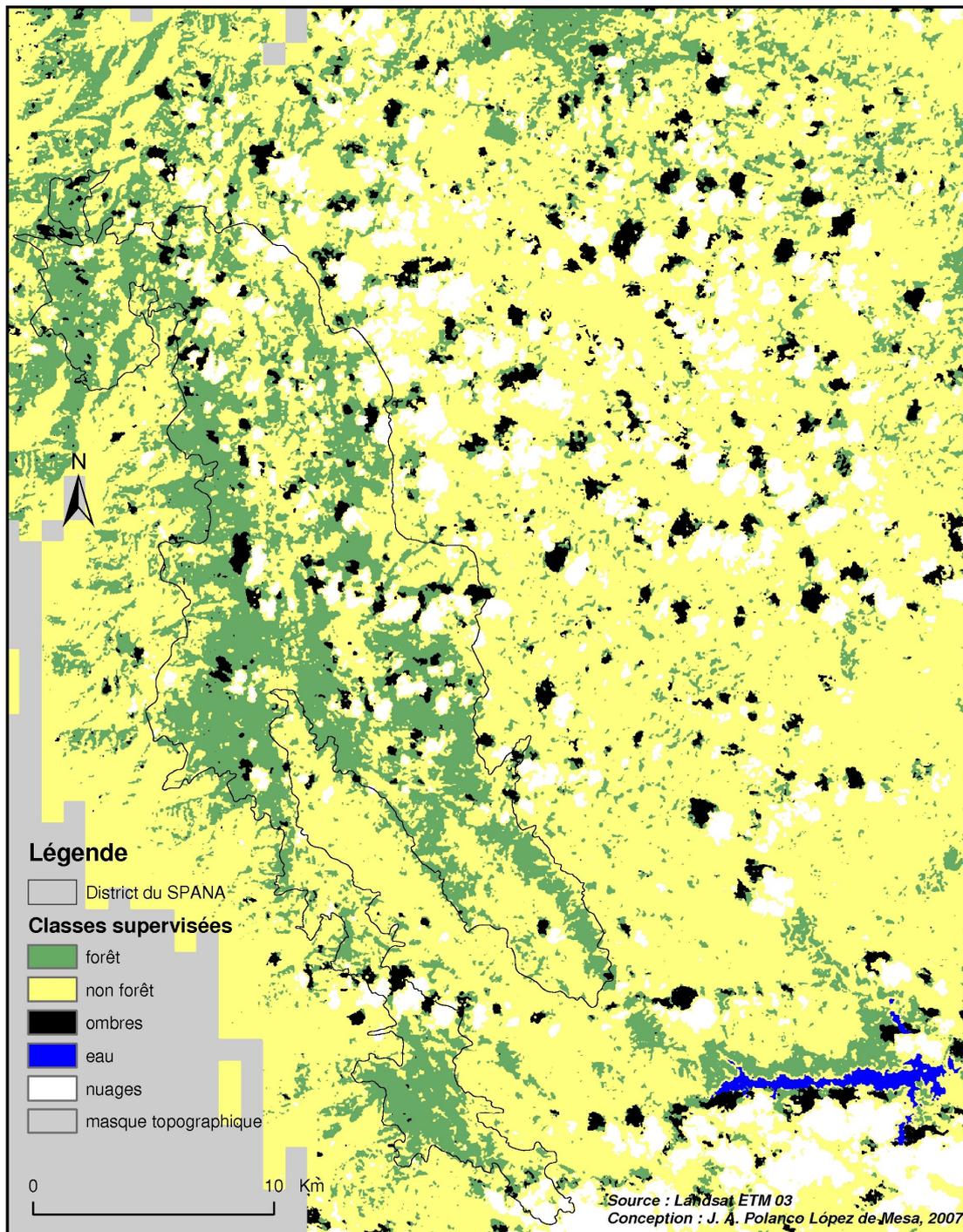


1.2.2 *Classifications supervisées*

Classification supervisée de la scène ETM 02 :



Classification supervisée de la scène ETM 03 :



1.3 Dynamique de la forêt

1.3.1 Le district

Surface en hectares des typologies de la dynamique de la forêt à l'échelle du district :

	Carte 1989 - TM 96	TM 96 - Mosaïque	Carte 1989 - Mosaïque
forêt stable	13137	14056	12526
reboisement	5159	2497	4688
déboisement	4633	3226	4856
non forêt stable	10556	11905	10794
ombres - nuages	1272	3073	1894
total	34757	34757	34757

Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

La surface total du district en mode raster est d'environ 34 757 hectares, alors qu'en mode vecteur est d'environ 34 807 hectares. Puisque les calcul de surface ont été effectués en mode raster, une erreur d'environ 0.1% a été acceptée.

1.3.2 Les municipalités

Dynamique spatio-temporelle de la forêt pour la période 1 989 – 1 996 (surfaces en hectares) :

Municipalités	forêt stable	reboisement	déboisement	non forêt stable	ombres - nuages
Sabanalarga	783	295	249	342	35
Liborina	2216	1018	568	616	32
Olaya	567	64	95	45	52
Sopetrán	630	112	171	123	71
San Jerónimo	264	26	43	7	32
San Andrés de Cuerquia	387	154	196	120	0
San José de la Montaña	921	399	454	1841	33
Belmira	5965	2447	2109	6121	536
Entrerriós	1219	493	375	977	236
San Pedro de los Milagros	185	150	373	364	245
total	13137	5159	4633	10556	1272

Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

Dynamique spatio-temporelle de la forêt pour la période 1 989 – 2 003 (surfaces en hectares) :

Municipalités	forêt stable	reboisement	déboisement	non forêt stable	ombres - nuages
Sabanalarga	765	364	202	250	123
Liborina	1934	747	577	838	353
Olaya	518	30	195	73	9
Sopetrán	601	78	216	158	55
San Jerónimo	273	13	61	20	5
San Andrés de Cuerquia	317	152	160	108	120
San José de la Montaña	847	263	460	1822	257
Belmira	5805	2284	2238	6214	636
Entrerriós	1231	572	361	944	192
San Pedro de los Milagros	235	184	385	368	146
total	12526	4688	4856	10794	1894

Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

Dynamique spatio-temporelle de la forêt pour la période 1 996 – 2 003 (surfaces en hectares) :

Municipalités	forêt stable	reboisement stable	déboisement stable	non forêt stable	ombres - nuages	nouveau reboisement	nouveau déboisement
Sabanalarga	633	211	114	187	146	265	149
Liborina	1668	640	282	504	380	348	626
Olaya	452	28	79	41	61	17	146
Sopetrán	508	52	110	98	124	71	146
San Jerónimo	228	12	27	7	36	16	47
San Andrés de Cuerquia	239	116	87	75	120	114	107
San José de la Montaña	710	144	303	1578	290	249	375
Belmira	5038	1751	1449	5407	1141	1068	1323
Entrerriós	1031	406	220	793	407	241	202
San Pedro de los Milagros	101	86	279	266	368	107	107
total	10609	3447	2949	8956	3073	2497	3226

Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

2 Analyse spatiale multicritère

L'information produite par l'analyse spatiale multicritère est présentée en trois points : la corrélation linéaire des critères (matrice de corrélation), les scénarios et l'incertitude des scénarios.

2.1 Matrice de corrélation

Matrice de corrélation linéaire des critères :

Critère d'évaluation	deb (89-96)	deb (89-02/03)	dp (93)	dp (05)	gem 2000	gem 2004	ild (89 - 96)	ild (89 - 02/03)	ilr (89-96)	ilr (89-02/03)	ime (00 - 06)	ipd (95 - 99)	nbi total (93)
deb (89-96)	1.000	0.997	-0.478	-0.396	0.355	0.073	-0.189	-0.306	0.214	0.173	0.093	0.698	-0.285
deb (89-02/03)	0.997	1.000	-0.478	-0.389	0.348	0.033	-0.208	-0.271	0.166	0.114	0.095	0.702	-0.287
dp (93)	-0.478	-0.478	1.000	0.957	0.523	0.331	0.629	0.602	-0.193	-0.113	0.400	-0.159	-0.080
dp (05)	-0.396	-0.389	0.957	1.000	0.523	0.244	0.591	0.642	-0.338	-0.172	0.603	0.026	-0.230
gem 2000	0.355	0.348	0.523	0.523	1.000	0.523	0.443	0.294	0.053	0.013	0.391	0.197	-0.353
gem 2004	0.073	0.033	0.331	0.244	0.523	1.000	0.258	-0.204	0.056	0.185	-0.130	0.063	-0.026
ild (89 - 96)	-0.189	-0.208	0.629	0.591	0.443	0.258	1.000	0.697	0.073	0.313	0.510	0.106	0.091
ild (89 - 02/03)	-0.306	-0.271	0.602	0.642	0.294	-0.204	0.697	1.000	-0.443	-0.306	0.526	0.056	0.066
ilr (89-96)	0.214	0.166	-0.193	-0.338	0.053	0.056	0.073	-0.443	1.000	0.843	-0.151	-0.209	0.209
ilr (89-02/03)	0.173	0.114	-0.113	-0.172	0.013	0.185	0.313	-0.306	0.843	1.000	0.179	0.088	0.207
ime (00 - 06)	0.093	0.095	0.400	0.603	0.391	-0.130	0.510	0.526	-0.151	0.179	1.000	0.506	-0.323
ipd (95 - 99)	0.698	0.702	-0.159	0.026	0.197	0.063	0.106	0.056	-0.209	0.088	0.506	1.000	-0.175
nbi total (93)	-0.285	-0.287	-0.080	-0.230	-0.353	-0.026	0.091	0.066	0.209	0.207	-0.323	-0.175	1.000
nbi total (04)	-0.200	-0.203	-0.161	-0.266	-0.363	-0.020	-0.115	-0.126	0.204	0.199	-0.279	-0.082	0.944
nbi rural (93)	-0.274	-0.274	0.035	-0.104	-0.298	-0.006	0.144	0.129	0.205	0.245	-0.225	-0.102	0.974
nbi rural (04)	-0.238	-0.249	0.026	-0.077	-0.321	0.068	0.003	-0.109	0.244	0.310	-0.167	-0.001	0.891
pop 93	-0.211	-0.226	0.878	0.886	0.536	0.262	0.696	0.479	0.056	0.220	0.638	0.147	-0.128
pop 05	-0.168	-0.175	0.840	0.915	0.529	0.193	0.659	0.534	-0.107	0.122	0.774	0.267	-0.257
reb (89-96)	0.976	0.971	-0.513	-0.460	0.316	0.036	-0.303	-0.425	0.351	0.231	0.000	0.575	-0.243
reb (89-02/03)	0.980	0.973	-0.520	-0.448	0.282	0.056	-0.279	-0.419	0.324	0.274	0.053	0.647	-0.241
t1	-0.257	-0.279	-0.406	-0.576	-0.481	-0.056	-0.159	-0.351	0.448	0.305	-0.562	-0.438	0.776
t2 (tunnel)	-0.004	-0.044	-0.515	-0.661	-0.322	0.126	0.072	-0.356	0.524	0.491	-0.476	-0.267	0.470
tcpr (85 - 93)	-0.097	-0.138	0.074	0.117	0.206	0.391	0.289	-0.123	0.009	0.161	0.172	-0.090	-0.518
tcpr (93- 05)	0.268	0.321	-0.230	-0.012	-0.021	-0.476	-0.512	0.118	-0.591	-0.608	0.288	0.331	-0.378

Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

Matrice de corrélation linéaire des critères (suite) :

Critère d'évaluation	nbi total (04)	nbi rural (93)	nbi rural (04)	pop 93	pop 05	reb (89-96)	reb (89-02/03)	t1	t2 (tunnel)	tcpr (85 - 93)	tcpr (93- 05)
deb (89-96)	-0.200	-0.274	-0.238	-0.211	-0.168	0.976	0.980	-0.257	-0.004	-0.097	0.268
deb (89-02/03)	-0.203	-0.274	-0.249	-0.226	-0.175	0.971	0.973	-0.279	-0.044	-0.138	0.321
dp (93)	-0.161	0.035	0.026	0.878	0.840	-0.513	-0.520	-0.406	-0.515	0.074	-0.230
dp (05)	-0.266	-0.104	-0.077	0.886	0.915	-0.460	-0.448	-0.576	-0.661	0.117	-0.012
gem 2000	-0.363	-0.298	-0.321	0.536	0.529	0.316	0.282	-0.481	-0.322	0.206	-0.021
gem 2004	-0.020	-0.006	0.068	0.262	0.193	0.036	0.056	-0.056	0.126	0.391	-0.476
ild (89 - 96)	-0.115	0.144	0.003	0.696	0.659	-0.303	-0.279	-0.159	0.072	0.289	-0.512
ild (89 - 02/03)	-0.126	0.129	-0.109	0.479	0.534	-0.425	-0.419	-0.351	-0.356	-0.123	0.118
ilr (89-96)	0.204	0.205	0.244	0.056	-0.107	0.351	0.324	0.448	0.524	0.009	-0.591
ilr (89-02/03)	0.199	0.245	0.310	0.220	0.122	0.231	0.274	0.305	0.491	0.161	-0.608
ime (00 - 06)	-0.279	-0.225	-0.167	0.638	0.774	0.000	0.053	-0.562	-0.476	0.172	0.288
ipd (95 - 99)	-0.082	-0.102	-0.001	0.147	0.267	0.575	0.647	-0.438	-0.267	-0.090	0.331
nbi total (93)	0.944	0.974	0.891	-0.128	-0.257	-0.243	-0.241	0.776	0.470	-0.518	-0.378
nbi total (04)	1.000	0.914	0.949	-0.152	-0.257	-0.135	-0.133	0.770	0.379	-0.524	-0.230
nbi rural (93)	0.914	1.000	0.914	0.004	-0.123	-0.231	-0.215	0.639	0.322	-0.614	-0.358
nbi rural (04)	0.949	0.914	1.000	0.091	-0.026	-0.176	-0.155	0.637	0.252	-0.515	-0.335
pop 93	-0.152	0.004	0.091	1.000	0.970	-0.248	-0.234	-0.424	-0.462	0.118	-0.274
pop 05	-0.257	-0.123	-0.026	0.970	1.000	-0.234	-0.206	-0.567	-0.576	0.164	-0.082
reb (89-96)	-0.135	-0.231	-0.176	-0.248	-0.234	1.000	0.991	-0.168	0.017	-0.174	0.243
reb (89-02/03)	-0.133	-0.215	-0.155	-0.234	-0.206	0.991	1.000	-0.201	0.008	-0.166	0.247
t1	0.770	0.639	0.637	-0.424	-0.567	-0.168	-0.201	1.000	0.810	-0.106	-0.482
t2 (tunnel)	0.379	0.322	0.252	-0.462	-0.576	0.017	0.008	0.810	1.000	0.282	-0.631
tcpr (85 - 93)	-0.524	-0.614	-0.515	0.118	0.164	-0.174	-0.166	-0.106	0.282	1.000	-0.299
tcpr (93- 05)	-0.230	-0.358	-0.335	-0.274	-0.082	0.243	0.247	-0.482	-0.631	-0.299	1.000

Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

2.2 Scénarios

Trois scénarios sont étudiés afin de comprendre le développement régional (scénario 1), la protection du district (scénario 2) et la tension entre le développement et la protection (scénario 3). A l'exception de l'exemple discuté dans le texte principal, tous les cas des scénarios 1 et 3 sont ci-dessous présentés.

2.2.1 Scénario 1

Les perspectives spatio-temporelles du développement régional sont définies suite à la comparaison de deux combinaisons données. Les critères « non associés » statistiquement ne rentrent pas dans l'analyse des combinaisons :

Combinaison	Dynamique de la forêt	Démographie	Besoins de base non satisfaits	Distance à Medellín
1	ILD1	DP1 ; TCPR1	NBI3	T1
2	ILR1	DP1 ; TCPR1	NBI3	T1
3	DEB1	non associé	NBI1	non associé
4	REB1	non associé	NBI1	non associé
5	ILD2	DP2 ; TCPR2	NBI4	T1
6	ILR2	DP2 ; TCPR2	NBI4	T1
7	DEB2	non associé	NBI2	non associé
8	REB2	non associé	NBI2	non associé
9	ILD2	DP2 ; TCPR2	NBI4	T2
10	ILR2	DP2 ; TCPR2	NBI4	T2

Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

Les organisations spatiales du développement régional sont déterminées selon les dix combinaisons du tableau précédent (les combinaisons 1, 5 et 9 sont présentées dans le texte principal) :

Combinaison 2

Municipalités	ILR1 (89 - 96)	DP1 (1993)	NBI3 (1993 : rural)	T1
Sabanalarga	élevé	moyen	élevé	élevé
Liborina	élevé	moyen	élevé	élevé
Olaya	bas (isolée)	bas (isolée)	élevé (isolée)	élevé (isolée)
Sopetrán	bas	élevé	moyen	bas
San Jerónimo	bas	élevé	moyen	bas
San Andrés de Cuerquia	élevé	moyen	élevé	élevé
San José de la Montaña	moyen	bas	bas	moyen
Belmira	moyen	bas	bas	moyen
Entrerriós	moyen	bas	bas	moyen
San Pedro de los Milagros	bas	élevé	moyen	bas

Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

Combinaison 3

Municipalités	DEB1 (89 - 96)	NBI1 (1993 : total)
Sabanalarga	bas	élevé
Liborina	moyen	moyen
Olaya	bas	élevé
Sopetrán	moyen	moyen
San Jerónimo	moyen	moyen
San Andrés de Cuerquia	bas	élevé
San José de la Montaña	élevé	bas
Belmira	élevé (isolée)	bas (isolée)
Entrerríos	élevé	bas
San Pedro de los Milagros	élevé	bas

Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

Combinaison 4

Municipalités	REB1 (89 - 96)	NBI1 (1993 : total)
Sabanalarga	moyen	élevé
Liborina	élevé (isolée)	élevé (isolée)
Olaya	moyen	élevé
Sopetrán	bas	moyen
San Jerónimo	bas	moyen
San Andrés de Cuerquia	moyen	élevé
San José de la Montaña	élevé	bas
Belmira	élevé (isolée)	bas (isolée)
Entrerríos	élevé	bas
San Pedro de los Milagros	élevé	bas

Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

Combinaison 6

Municipalités	ILR2 (89 – 2002/2003)	DP2 (2005)	NBI4 (2004 : rural)	T1
Sabanalarga	élevé (isolée)	bas (isolée)	élevé (isolée)	élevé (isolée)
Liborina	élevé	moyen	moyen	élevé
Olaya	bas (isolee)	bas (isolée)	élevé (isolée)	élevé (isolée)
Sopetrán	bas	élevé	élevé	moyen
San Jerónimo	bas	élevé	élevé	moyen
San Andrés de Cuerquia	élevé	moyen	moyen	élevé
San José de la Montaña	bas (isolee)	bas (isolée)	bas (isolée)	élevé (isolée)
Belmira	moyen	bas	bas	bas
Entrerríos	moyen	bas	bas	bas
San Pedro de los Milagros	élevé (isolée)	élevé (isolée)	élevé (isolée)	bas (isolée)

Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

Combinaison 7

Municipalités	DEB2 (89 – 2002/2003)	NBI2 (2004 : total)
Sabanalarga	bas (isolée)	élevé (isolée)
Liborina	bas	élevé
Olaya	bas	élevé
Sopetrán	bas	élevé
San Jerónimo	bas	élevé
San Andrés de Cuerquia	bas	élevé
San José de la Montaña	élevé	bas
Belmira	élevé (isolée)	bas (isolée)
Entrerríos	élevé	bas
San Pedro de los Milagros	élevé	bas

Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

Combinación 8

Municipalidades	REB2 (89 – 2002/2003)	NBI2 (2004 : total)
Sabanalarga	bas (isolée)	élevé (isolée)
Liborina	bas	élevé
Olaya	bas	élevé
Sopetrán	bas	élevé
San Jerónimo	bas	élevé
San Andrés de Cuerquia	bas	élevé
San José de la Montaña	élevé	bas
Belmira	élevé (isolée)	bas (isolée)
Entrerrios	élevé	bas
San Pedro de los Milagros	élevé	bas

Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

Combinaison 10

Municipalidades	ILR2 (89 – 2002/2003)	DP2 (2005)	NBI4 (2004 : rural)	T2 (tunnel)
Sabanalarga	élevé	moyen	élevé	élevé
Liborina	moyen	bas	bas	moyen
Olaya	bas	élevé	moyen	bas
Sopetrán	bas	élevé	moyen	bas
San Jerónimo	bas	élevé	moyen	bas
San Andrés de Cuerquia	élevé	moyen	élevé	élevé
San José de la Montaña	moyen	bas	bas	moyen
Belmira	moyen	bas	bas	moyen
Entrerrios	moyen	bas	bas	moyen
San Pedro de los Milagros	élevé (isolée)	élevé (isolée)	bas (isolée)	bas (isolée)

Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

Perspectives spatio-temporelles du développement régional en absence de tunnel (la combinaison 1 – 5 est présentée dans le texte principal) : comparaison des combinaisons 2 – 6, 3 – 7 et 4 – 8.

Comparaison 2 – 6

Municipalidades	ILR	DP	NBI
Sabanalarga	stable - élevé (isolée)	diminue (isolée)	stable - élevé (isolée)
Liborina	stable - élevé	stable - moyen	diminue
Olaya	stable - bas (isolée)	stable - bas (isolée)	stable - élevé (isolée)
Sopetrán	stable - bas	stable - élevé	augmente
San Jerónimo	stable - bas	stable - élevé	augmente
San Andrés de Cuerquia	stable - élevé	stable - moyen	diminue
San José de la Montaña	diminue (isolée)	stable - bas (isolée)	stable - bas (isolée)
Belmira	stable - moyen	stable - bas	stable - bas
Entrerrios	stable - moyen	stable - bas	stable - bas
San Pedro de los Milagros	augmente (isolée)	stable - élevé (isolée)	augmente (isolée)

Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

Comparaison 3 – 7

Municipalités	DEB	NBI (total)
Sabanalarga	stable - bas (isolée)	stable - élevé (isolée)
Liborina	diminue	augmente
Olaya	stable - bas	stable - élevé
Sopetrán	diminue	augmente
San Jerónimo	diminue	augmente
San Andrés de Cuerquia	stable - bas	stable - élevé
San José de la Montaña	stable - élevé	stable - bas
Belmira	stable - élevé (isolée)	stable - bas (isolée)
Entrerriós	stable - élevé	stable - bas
San Pedro de los Milagros	stable - élevé	stable - bas

Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

Comparaison 4 – 8

Municipalités	REB	NBI
Sabanalarga	diminue (isolée)	stable - élevé (isolée)
Liborina	diminue (isolée)	stable - élevé (isolée)
Olaya	diminue	stable - élevé
Sopetrán	stable - bas	augmente
San Jerónimo	stable - bas	augmente
San Andrés de Cuerquia	diminue	stable - élevé
San José de la Montaña	stable - élevé	stable - bas
Belmira	stable - élevé (isolée)	stable - bas (isolée)
Entrerriós	stable - élevé	stable - bas
San Pedro de los Milagros	stable - élevé	stable - bas

Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

Perspectives spatio-temporelles du développement régional dans le cas du tunnel d'Occidente (la comparaison 5 – 9 est présentée dans le texte principal). Comparaison des combinaisons 6 – 10 :

Municipalités	ILR	DP	NBI (rural)	T
Sabanalarga	stable - élevé (isolée)	augmente (isolée)	stable - élevé (isolée)	stable - élevé (isolée)
Liborina	diminue	diminue	diminue	diminue
Olaya	stable - bas (isolée)	augmente (isolée)	diminue (isolée)	diminue (isolée)
Sopetrán	stable - bas	stable - élevé	diminue	diminue
San Jerónimo	stable - bas	stable - élevé	diminue	diminue
San Andrés de Cuerquia	stable - élevé	stable - moyen	augmente	stable - élevé
San José de la Montaña	augmente (isolée)	stable - bas (isolée)	stable - bas (isolée)	diminue (isolée)
Belmira	stable - moyen	stable - bas	stable - bas	augmente
Entrerriós	stable - moyen	stable - bas	stable - bas	augmente
San Pedro de los Milagros	stable - élevé (isolée)	stable - élevé (isolée)	diminue (isolée)	bas (isolée)

Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

2.2.2 Scénario 3

Les perspectives spatio-temporelles de la tension entre développement et protection sont déterminées en comparant le niveau des moyennes groupales des scénarios 1 et 2. Dans le cas de la tension tenant compte du développement régional en absence du tunnel, les combinaisons 3 et 7 sont comparées. Le développement est dans ce cas déterminé par le changement de niveau hiérarchique du critère de déboisement (DEB1 et DEB2) entre les deux périodes. Les niveaux de tension sont définis par la règle de décision utilisée dans le cas de la comparaison 1 – 5, tenant compte qu’il n’existe pas une augmentation ou diminution de la « pression de la population sur la forêt », mais une augmentation ou diminution du déboisement.

Règle de décision :

- Tension élevée = le déboisement augmente (ou reste toujours élevé) + protection basse ;
- Tension moyenne = le déboisement augmente (ou reste toujours élevé) + protection moyenne ;
- Tension basse = le déboisement augmente ou diminue + protection élevée (élevé, moyenne ou basse).

L’organisation spatiale de la tension entre le développement et la protection, en absence de tunnel :

Municipalités	développement (DEB)	protection (2000)	protection (2004)	tension (2000)	tension (2004)
Sabanalarga	stable - bas (isolée)	moyenne	élevée	basse (isolée)	basse (isolée)
Liborina	diminue	moyenne	moyenne	basse	basse
Olaya	stable - bas	basse	basse	basse	basse
Sopetrán	diminue	moyenne	moyenne	basse	basse
San Jerónimo	diminue	moyenne (isolée)	moyenne (isolée)	basse (isolée)	basse (isolée)
San Andrés de Cuerquia	stable - bas	moyenne	moyenne	basse	basse
San José de la Montaña	stable - élevé	moyenne	moyenne	moyenne	moyenne
Belmira	stable - élevé (isolée)	élevée (isolée)	moyenne (isolée)	basse (isolée)	moyenne (isolée)
Entrerrios	stable - élevé	moyenne	moyenne	moyenne	moyenne
San Pedro de los Milagros	stable - élevé	élevée (isolée)	moyenne (isolée)	basse (isolée)	moyenne (isolée)

Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

Tension développement – protection dans le cas du tunnel (comparaison 5 – 9). La règle de décision :

- Tension élevée = PPF augmente + protection basse ;
- Tension moyenne = PPF augmente + protection moyenne ;
- Tension basse = PPF augmente (diminue) + protection élevée (élevé, moyenne ou basse).

L'organisation spatiale de la tension entre le développement et la protection, compte tenu du tunnel :

Municipalités	Développement (PPF)	protection 2000	protection 2004	tension (2000)	tension (2004)
Sabanalarga	augmente	moyenne	élevée	moyenne	basse
Liborina	diminue	moyenne	moyenne	basse	basse
Olaya	stable - élevé	basse	basse	élevée	élevée
Sopetran	stable - élevé	moyenne	moyenne	moyenne	moyenne
San Jeronimo	stable - élevé	moyenne (isolée)	moyenne (isolée)	moyenne (isolée)	moyenne (isolée)
San Andres de Cuerquia	augmente	moyenne	moyenne	moyenne	moyenne
San Jose de la Montana	diminue	moyenne	moyenne	basse	basse
Belmira	diminue	élevée (isolée)	moyenne (isolée)	basse (isolée)	basse (isolée)
Entrerrios	diminue	moyenne	moyenne	basse	basse
San Pedro de los Milagros	stable – élevé (isolée)	élevée (isolée)	moyenne (isolée)	basse (isolée)	moyenne (isolée)

Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

2.3 L'incertitude des scénarios

L'incertitude des scénarios est estimée tenant compte des affectations incertaines dans les classifications hiérarchiques et des contributions des variables dans ces classification. Les résultats de l'étude de l'incertitude des scénarios 1 (développement régional) et 2 (protection du district) sont présentés en deux points : les affectations incertaines et la contribution de variables aux classifications.

2.3.1 Affectations incertaines des classifications

Dix combinaisons de variables représentent le développement régional et deux représentent la protection du district. Pour chaque combinaison, plusieurs classifications ont été évaluées selon deux méthodes (Ward et Distance Moyenne – DM), afin de réduire les affectations incertaines des municipalités.

Dans le cas du développement régional :

Combinaison 1

Classification Méthode	1		2		3		4	
	Ward	DM	Ward	DM	Ward	DM	Ward	DM
Sabanalarga	1	1	1	1	1	1	1	1
Liborina	2	2	2	2	2	2	2	2
Olaya	2	2	2	2	3	3	3	3
Sopetrán	2	2	2	2	2	2	2	2
San Jerónimo	2	2	2	2	2	2	2	2
San Andrés de Cuerquia	1	1	1	1	1	1	1	1
San José de la Montaña	3	3	3	3	4	4	4	4
Belmira	4	4	4	4	2	2	2	2
Entrerríos	4	4	4	4	2	2	2	2
San Pedro de los Milagros	5	5	5	5	5	5	5	5
Affectations incertaines	0		0		0		0	

Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

Combinaison 2

Classification Méthode	1		2		3		4	
	Ward	DM	Ward	DM	Ward	DM	Ward	DM
Sabanalarga	1	1	1	1	1	1	1	1
Liborina	1	1	1	1	1	1	1	1
Olaya	2	2	2	2	2	2	2	2
Sopetrán	3	3	3	3	3	3	3	3
San Jerónimo	3	3	3	3	3	3	3	3
San Andrés de Cuerquia	1	1	1	1	1	1	1	1
San José de la Montaña	4	4	4	4	4	4	4	4
Belmira	4	4	4	4	5	5	5	5
Entrerríos	4	4	4	4	5	5	5	5
San Pedro de los Milagros	3	3	3	3	6	6	6	6
Affectations incertaines	0		0		0		0	

Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

Combinaison 3

Classification Méthode	1		2	
	Ward	DM	Ward	DM
Sabanalarga	1	1	1	1
Liborina	2	2	2	2
Olaya	1	1	1	1
Sopetrán	2	2	2	2
San Jerónimo	2	2	2	2
San Andrés de Cuerquia	1	1	1	1
San José de la Montaña	3	3	3	3
Belmira	4	4	4	4
Entrerriós	3	3	3	3
San Pedro de los Milagros	3	3	2	3
Affectations incertaines	0		1	

Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

Combinaison 4

Classification Méthode	1		2	
	Ward	DM	Ward	DM
Sabanalarga	1	1	1	1
Liborina	2	2	2	2
Olaya	1	1	1	1
Sopetrán	3	3	3	3
San Jerónimo	3	3	3	3
San Andrés de Cuerquia	1	1	1	1
San José de la Montaña	4	4	4	4
Belmira	5	5	5	5
Entrerriós	4	4	4	4
San Pedro de los Milagros	4	4	3	3
Affectations incertaines	0		0	

Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

Combinaison 5

Classification Méthode	1		2		3	
	Ward	DM	Ward	DM	Ward	DM
Sabanalarga	1	1	1	1	1	1
Liborina	2	2	2	2	2	2
Olaya	2	2	3	3	3	3
Sopetrán	2	2	4	4	3	3
San Jerónimo	2	2	4	4	3	3
San Andrés de Cuerquia	1	1	5	5	1	1
San José de la Montaña	2	2	2	2	2	2
Belmira	2	2	2	2	2	2
Entrerriós	2	2	2	2	2	2
San Pedro de los Milagros	3	3	6	6	4	4
Affectations incertaines	0		0		0	

Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

Combinaison 6

Classification Méthode	1		2		3	
	Ward	DM	Ward	DM	Ward	DM
Sabanalarga	1	1	1	1	1	1
Liborina	2	2	2	2	2	2
Olaya	3	3	3	3	3	3
Sopetrán	4	4	4	4	3	3
San Jerónimo	4	4	4	4	3	3
San Andrés de Cuerquia	2	2	2	2	1	1
San José de la Montaña	5	5	5	5	2	2
Belmira	6	6	6	6	2	2
Entrerríos	6	6	6	6	2	2
San Pedro de los Milagros	7	7	7	7	4	4
Affectations incertaines	0		0		0	

Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

Combinaison 7

Classification Méthode	1		2	
	Ward	DM	Ward	DM
Sabanalarga	1	1	1	1
Liborina	2	2	2	2
Olaya	2	2	2	2
Sopetrán	2	2	2	2
San Jerónimo	2	2	2	2
San Andrés de Cuerquia	2	2	2	2
San José de la Montaña	3	3	3	3
Belmira	4	4	4	4
Entrerríos	3	3	3	3
San Pedro de los Milagros	3	3	3	3
Affectations incertaines	0		0	

Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

Combinaison 8

Classification Méthode	1		2	
	Ward	DM	Ward	DM
Sabanalarga	1	1	1	1
Liborina	2	2	2	2
Olaya	2	2	2	2
Sopetrán	2	2	2	2
San Jerónimo	2	2	2	2
San Andrés de Cuerquia	2	2	2	2
San José de la Montaña	3	3	3	3
Belmira	4	4	4	4
Entrerríos	3	3	3	3
San Pedro de los Milagros	3	3	3	3
Affectations incertaines	0		0	

Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

La combinaison 10 correspond à la classification 3 de la combinaison 6 (tunnel).

Dans le cas de la protection du district :

Classification Méthode	1		2	
	Ward	DM	Ward	DM
Sabanalarga	1	1	1	1
Liborina	2	2	2	2
Olaya	2	2	3	3
Sopetrán	1	1	3	3
San Jerónimo	2	2	4	4
San Andrés de Cuerquia	2	2	1	1
San José de la Montaña	2	2	1	1
Belmira	3	3	2	2
Enterríos	1	1	3	3
San Pedro de los Milagros	4	4	2	2
Affectations incertaines	0		0	

Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

2.3.2 La participation des variables (test de signification)

Le test de signification a été effectué sur les combinaisons de variables des scénarios 1 et 2. Chaque classification concerne un choix de variables. Plusieurs choix de variables ont été effectués afin de maximiser la contribution des variables (niveau de signification en dessous de 0.05) et définir la combinaison la plus « certaine ». Cette combinaison est signalée sur les tableaux ci-dessous en caractère gras.

Dans le cas du scénario 1 (développement régional) :

Combinaison 1

variable \ Classification	ILD1 (89 - 96)	DP1 (1993)	POP1 (1993)	TCPR1 (85 - 93)	NBI1 (1993 : total)	NBI3 (1993 : rural)	T1
1	0.02	0.14	non choisie	0.05	non choisie	0.01	0.04
2	0.02	0.14	non choisie	0.05	0.01	non choisie	0.04
3	0.03	non choisie	0.03	0.02	non choisie	0.03	0.07
4	0.03	non choisie	0.03	0.02	0.05	non choisie	0.07

Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

Combinaison 2

variable \ Classification	ILR1 (89 - 96)	DP1 (1993)	POP1 (1993)	TCPR (85 - 93)	NBI 1993 (total)	NBI 1993 (rural)	T1
1	0.01	0.01	non choisie	0.35	non choisie	0.04	0.06
2	0.01	0.01	non choisie	0.35	0.04	non choisie	0.06
3	0.05	non choisie	0	0.07	non choisie	0.14	0.03
4	0.05	non choisie	0	0.07	0.17	non choisie	0.03

Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

Combinaison 3

variable \ Classification	DEB1 (89 - 96)	NBI1 (1993 : total)	NBI3 (1993 : rural)
1	0	0	non choisie
2	0	non choisie	0

Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

Combinaison 4

variable \ Classification	REB1 (89 - 96)	NBI1 (1993 : total)	NBI3 (1993 : rural)
1	0	0.01	non choisie
2	0	non choisie	0.01

Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

Combinaison 5

variable \ Classification	ILD2 (89 - 02/03)	DP2 (2005)	POP2 (2005)	TCPR2 (93 - 05)	NBI2 (2004 : total)	NBI4 (2004 : rural)	T1	T2 (tunnel)
1	0.07	0.06	non choisie	0.04	non choisie	0.08	0.02	non choisie
2	0	0.03	non choisie	0.05	0.09	non choisie	0.2	non choisie
3	0.02	0.03	non choisie	0.09	non choisie	0.06	non choisie	0.03

Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

Combinaison 6

variable \ Classification	ILR2 (89 - 02/03)	DP2 (2005)	POP2 (2005)	TCPR2 (93 - 05)	NBI2 (2004 : total)	NBI4 (2004 : rural)	T1	T2 (tunnel)
1	0.03	0.02	non choisie	0.32	non choisie	0.03	0.01	non choisie
2	0.03	0.05	non choisie	0.32	0.08	non choisie	0.01	non choisie
3	0.02	0.03	non choisie	0.09	non choisie	0.06	non choisie	0.03

Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

Combinaison 7

variable \ Classification	DEB2 (89 - 02/03)	NBI2 (2004 : total)	NBI4 (2004 : rural)
1	0	0	non choisie
2	0	non choisie	0

Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

Combinaison 8

variable \ Classification	REB2 (89 - 02/03)	NBI2 (2004 : total)	NBI4 (2004 : rural)
1	0	0	non choisie
2	0	non choisie	0

Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

Les combinaisons 9 et 10 sont définies par la classification 3 des combinaisons 5 et 6 respectivement. Il s'agit des classifications considérant la contribution de T2 (tunnel d'Occidente).

Dans le cas du scénario 2 (protection du district) :

variable \ Classification	IPD (95 - 99)	IME (2000 - 2006)	GEM1 (2000)	GEM2 (2004)
1	0	0	non choisie	non choisie
2	non choisie	non choisie	0	0.01

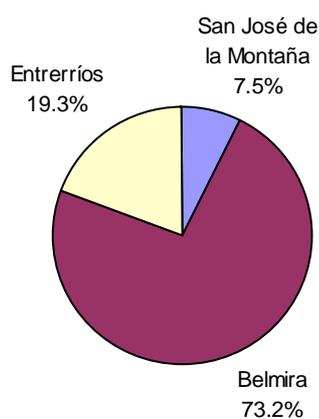
Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

3 Le conflit d'usages dans les municipalités

3.1 Pourcentage des surfaces municipales dans les zones du « district de gestion intégrée »

Pourcentage des surfaces municipales dans les zones de « production » du district de gestion intégrée du Système de Páramos Hauts-Andins d'Antioquia :

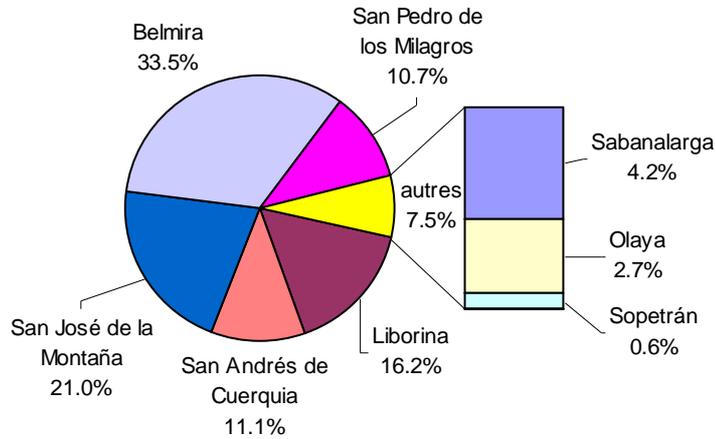
zone de « production »



Source : CORANTIOQUIA (2006a)

Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

zone de « rétablissement - production »

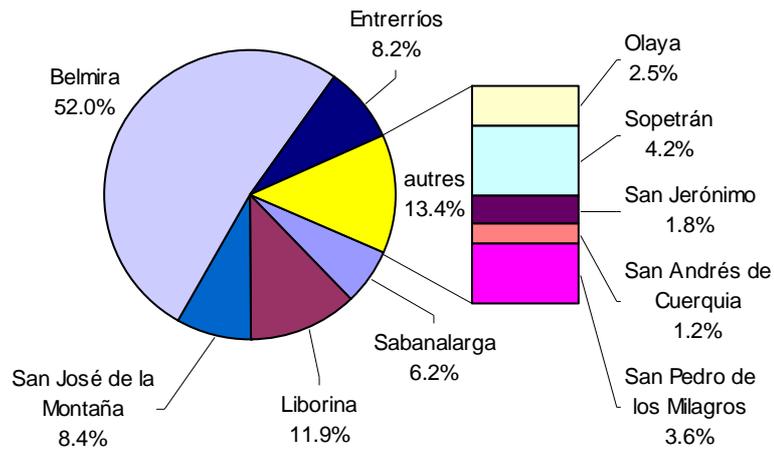


Source : CORANTIOQUIA (2006a)

Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

Pourcentage des surfaces municipales dans les zones de « préservation » du « district de gestion intégrée » du Système de Páramos Hauts-Andins d'Antioquia :

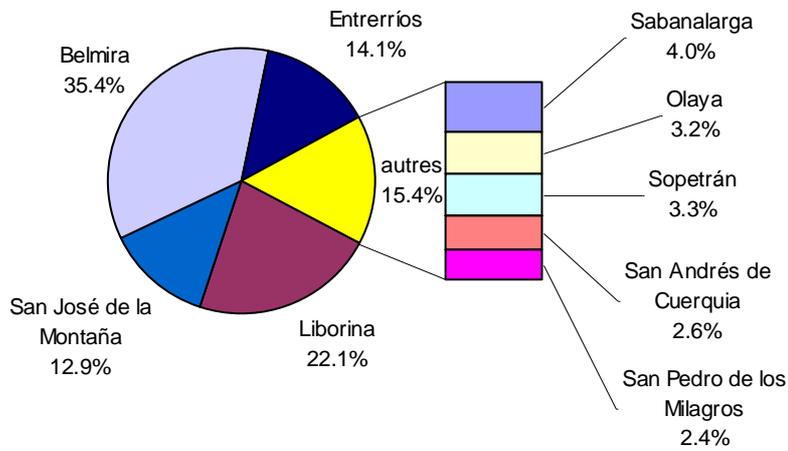
zone de « préservation »



Source : CORANTIOQUIA (2006a)

Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

zone de « rétablissement - préservation »



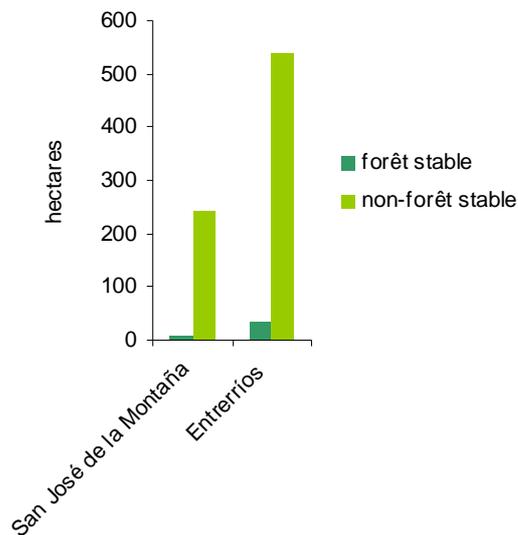
Source : CORANTIOQUIA (2006a)

Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

3.2 « Dynamique de la forêt » entre 1989 et 2003 dans les municipalités du « district de gestion intégrée »

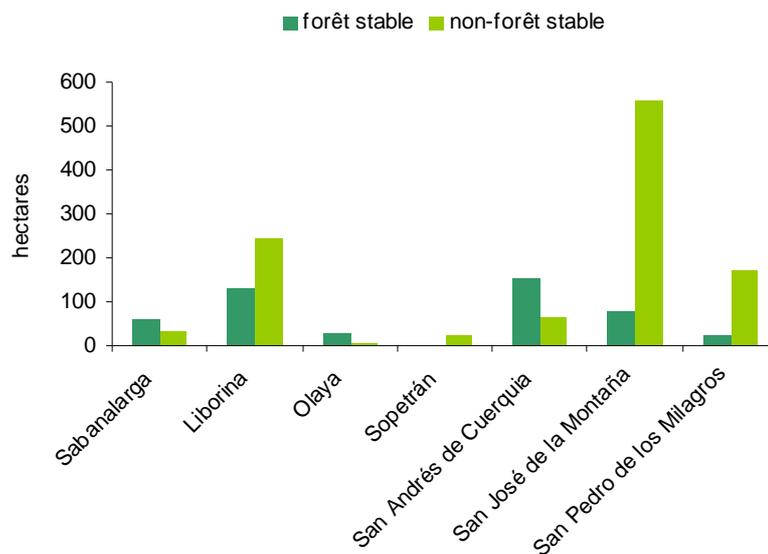
Dans les zones de « production » :

zone de « production »



Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

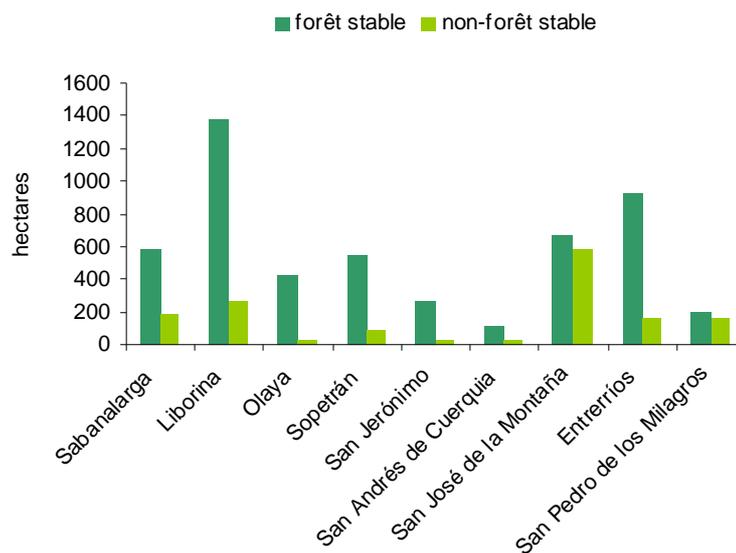
zone de « rétablissement - production »



Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

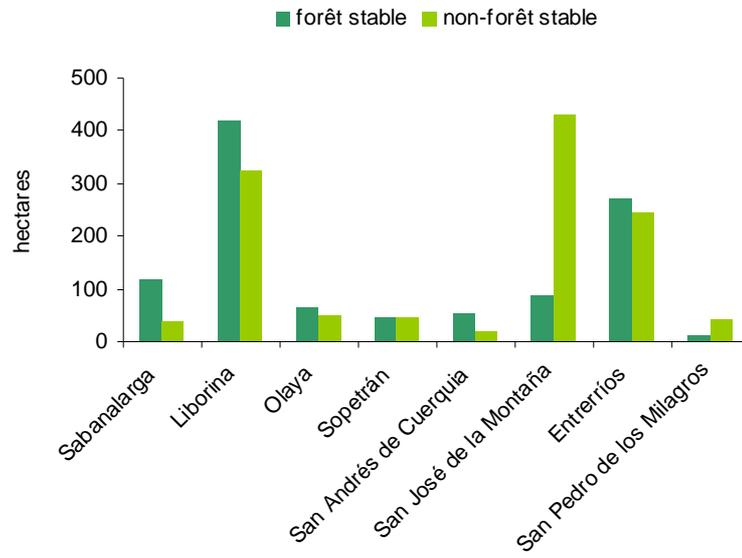
Dans les zones de « préservation » :

zone de « préservation »



Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007

zone de « rétablissement - préservation »



Conception : J. A. Polanco López de Mesa, 2007