

UNIVERSITE CATHOLIQUE DE LOUVAIN

Faculté d'Ingénierie Biologique, Agronomique et Environnementale
Département des Sciences du Milieu et de l'Aménagement du Territoire
Unité des Eaux et Forêts



Intégration des méthodes d'aide à la décision dans l'aménagement multifonctionnel des forêts au Maroc

MARGHADI Saïd

Juillet 2009

Thèse présentée en vue de l'obtention
du grade de docteur en sciences agronomiques
et ingénierie biologique

Membres du jury :

Président : Pr. J. Dufey, Unité des Sciences du Sol (UCL, Belgique)

Promoteurs : Pr. F. Devillez et Dr. C. Farcy, Unité des Eaux et Forêts (UCL, Belgique)

Lecteurs

- Pr. Q. Ponette, Unité des Eaux et Forêts (UCL, Belgique)
- Dr. P. Blerot, Département Nature et Forêts (SPW, Belgique)
- Pr. M. Mormont, Unité de Socio-économie, Environnement et Développement (ULG, Belgique)
- Pr. E. Hlal, Département d'Economie et de Gestion des Ressources Naturelles (ENFI, Maroc)

"No Matter. Try again

Fail again. Fail better."

S. Bekett

A

*Ceux qui m'ont tant donné sans attendre de
contre partie et qui n'ont ménagé aucun
effort pour mon éducation ;*

Ceux qui me sont chers...

... Je dédie le présent travail.

REMERCIEMENTS

Une thèse est l'aboutissement d'un processus d'apprentissage émaillé par de longues discussions techniques ; elle constitue le fruit d'échanges et de confrontations d'idées. Durant cette aventure, le suivi continu de mes promoteurs et de mon comité de thèse a été déterminant. Le moment est venu pour les remercier ainsi que toutes celles ou ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes sincères remerciements à mes promoteurs de thèse, le professeur F. Devillez et Mme C. Farcy pour leur disponibilité, leurs précieux conseils et leur encadrement sans faille. La rigueur de leur raisonnement, leur esprit critique acéré, ainsi que la richesse des échanges que nous avons eus, ont pu affûter le cours de cette thèse. Leurs encouragements et soutien m'ont permis de dépasser les moments difficiles qu'ils en soient vivement remerciés.

Je voudrais rendre un vif hommage aux membres du comité d'encadrement et au jury définitif de thèse. Les riches échanges, les questions et suggestions judicieuses furent appréciés à leur juste titre.

Que le professeur Q. Ponette trouve ici le gage de ma profonde reconnaissance pour m'avoir fait confiance et avoir bien voulu diriger cette thèse dès son début. Qu'il soit vivement remercié pour ses conseils judicieux, sa disponibilité malgré ses nombreuses occupations, ses réponses à mes interrogations, son sens de la rigueur scientifique et sa participation à l'évaluation de ce travail.

Je remercie vivement le professeur M. Mormont pour sa disponibilité, pour ses précieux conseils, pour m'avoir facilité l'accès au monde fabuleux de la « prospective » et pour m'avoir orienté à se poser certaines questions «telles quelles sont vues par un sociologue ».

Je remercie vivement le professeur E. Hlal pour l'intérêt qu'il a montré à ce travail, pour ses judicieux conseils, pour sa disponibilité et pour sa documentation personnelle qu'il n'a jamais hésité à mettre à ma disposition.

Je tiens à remercier Monsieur P. Blerot, Inspecteur Général du Département Nature et Forêts de la Région wallonne, d'avoir accepté de prendre part à mon jury de thèse. Mes remerciements vont également au professeur J. Dufey qui, malgré ses nombreuses occupations, a bien voulu présider mon jury de thèse.

Le concours de Monsieur P. Giot dans ce travail a été considérable et ce depuis son identification ; qu'il trouve ici l'expression de ma profonde

reconnaissance pour sa disponibilité, son amitié, son enthousiasme, pour les discussions que nous avons eues et aussi pour avoir eu l'amabilité de bien vouloir relire ma thèse.

Je remercie Monsieur F. Mounir, enseignant chercheur à l'Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs (Salé), pour ses précieux conseils et pour ses encouragements depuis le début de ce travail.

Que soit ici remercié tout spécialement le professeur P. Vincke qui m'a accueilli à maintes reprises au Service de Mathématique de Gestion (SMG) de l'ULB. Ses questions judicieuses et ses encouragements m'ont facilité l'accès au domaine de l'aide multicritère à la décision. Mes remerciements vont également à T. Pukkala, J. Borges, H. Martins, M. Palahi, C. R. Pintor et O. M'hirit pour les échanges que nous avons eus à Solsona en Espagne.

Je remercie les riverains de la forêt d'Ajdir, l'équipe du projet Khénifra et le personnel du Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification pour leur accueil chaleureux, et pour toute l'aide qu'ils n'ont jamais hésité à m'offrir.

Ce travail n'aurait pu être finalisé sans l'autorisation du Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification ; mes sincères remerciements à Messieurs H. Jadder, B. Bouzzemouri, M. Benzyane, A. Hammoudi, M. Benmessaoud pour m'avoir accordé les autorisations nécessaires pour la réalisation de ce projet et pour leur compréhension. Mes remerciements vont également à Y. Housni et F. Bathaoui pour leur efficacité et pour leurs amitiés.

Que mes amis trouvent ici l'expression de mes remerciements pour leur soutien et encouragements permanents, leurs conseils conviviaux, leur disponibilité, et leur grande confiance.

Mes remerciements vont à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail. Un grand merci à tous les membres de l'Unité des Eaux et Forêts de l'UCL qui m'ont toujours bien accueilli et ont su maintenir une très bonne ambiance.

Cette thèse n'aurait pu voir le jour sans le concours financier de la Coopération Technique Belge. Je remercie particulièrement Monsieur C. Misigaro pour l'accueil chaleureux qu'il m'a toujours réservé, pour son encadrement et pour sa gestion rationnelle de ma bourse.

Merci A Tous...

RESUME

La multifonctionnalité des espaces forestiers marocains, le contexte social auquel ils sont assujettis et l'importance des masses de données nécessaires au processus d'aménagement forestier, imposent le recours à de nouvelles approches d'aménagement. S'insérant dans le cadre de cette finalité, le présent travail a pour objectif de proposer une démarche d'aménagement des forêts basée sur des méthodes multicritères d'aide à la décision. Cette démarche a été testée sur une forêt publique de 24 mille hectares (cédraie d'Ajdir).

La démarche proposée comprend des composantes qui se différencient en fonction de la portée des décisions (stratégique et tactique). Le diagnostic socio-territorial et l'étude des vocations ont constitué l'information de base pour les différents modèles décisionnels. Deux approches ont été envisagées pour les décisions stratégiques. La première s'est basée sur les techniques quantitatives et a identifié les niveaux maximaux des objectifs quantifiables. La seconde s'est basée sur la prospective pour déterminer quatre scénarios d'aménagement. Ces derniers ont été détaillés en alternatives d'aménagement multifonctionnel des forêts. Les décisions tactiques ont consisté en la détermination d'itinéraires sylvicoles adaptés à chaque scénario-alternative envisagé. Leur identification a été basée sur le recours aux algorithmes génétiques. La simulation de l'évolution des peuplements suite à l'implémentation des alternatives a permis d'en évaluer les conséquences sur les différents objectifs recherchés. Un jeu de 16 indicateurs a été identifié pour évaluer les différentes alternatives d'aménagement. L'évaluation des scénarios-alternatives et leur comparaison multicritère en utilisant la méthode Electre III ont permis d'en identifier le meilleur.

La démarche permet, outre la rationalisation des choix du gestionnaire, de mettre à sa disposition des arguments pour les motiver et éventuellement pour alimenter des processus de négociation. Sa mise en œuvre sur le cas d'Ajdir a permis d'illustrer ses différentes composantes ainsi que d'en apprécier les potentialités et les contraintes. La rigueur de la démarche et de ses différentes composantes constituent un préalable indispensable à l'informatisation de l'aménagement forestier au Maroc.

Mot clés : Aménagement multifonctionnel des forêts, aide à la décision, algorithmes génétiques, programmation linéaire, Electre III, scénarios, prospective, critères et indicateurs, Ajdir, Moyen Atlas, Maroc.

SUMMARY

Multiple uses of Moroccan forest lands and their social context generate a lot of data which make forest management and planning not an easy task. All these suggest using new forest management approach based on decision aiding methods.

The present study aims to propose a forest management process based on multi-criteria aiding methods. This process was tested on Ajdir natural cedar public forest of 24,516 hectares, located in the middle Atlas of Morocco.

The process proposed deals with two components which differ by decision type mainly strategic and tactical. Socio-territorial diagnosis and land suitability are the main information used in developing decision models.

Two approaches were examined for strategic decisions. The first one is based on quantitative techniques of forest management which identified maximum levels of quantified goals. The second approach is based on the prospective (foresight) of four scenarios; these scenarios are presented in multiple use forest management alternatives.

Tactical decisions consisted on determining of sylvicol itinerary adapted to each forest management alternatives, these were developed using genetic algorithms. Simulation of stand trend when implementing these alternatives permitted to appraise objectives achievement. Thus, 16 indicators were identified for evaluating management alternatives. Multi-criteria comparison of alternatives using Electre III method allowed to select the optimal one based on compromising.

Proposed process permitted, beside of rational choice of forest administrator, to make at his disposal arguments which feed negotiation process with all actors involved in forest management.

The making use of the process to Ajdir forest allowed illustration of different components and appreciated potentialities and constraints. Process rigor and his various components constitute a pre-requisite necessary to forest management computerization in Morocco.

Key words : multifunctional forest management, decision aiding methods, genetic algorithms, operations research, Electre III, scenarios, foresight, criteria, indicators, Ajdir, Middle Atlas Mountain, Morocco.

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS -----	VII
RESUME-----	IX
SUMMARY -----	X
TABLE DES MATIERES -----	XI
LISTE DE TABLEAUX -----	XIV
LISTE DES FIGURES -----	XVI
LISTE DES ABREVIATIONS -----	18
INTRODUCTION GENERALE -----	19
PARTIE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE -----	27
1. L'AMENAGEMENT FORESTIER -----	29
1.1 DEFINITION-----	29
1.2 EVOLUTION DE L'AMENAGEMENT FORESTIER -----	30
1.3 CARACTERISTIQUES ET ENJEUX DE LA GESTION ET DE L'AMENAGEMENT DES FORETS -----	32
1.4 NOUVELLES TENDANCES DE L'AMENAGEMENT DES FORETS -----	36
1.5 L'AMENAGEMENT FORESTIER AU MAROC -----	38
1.6 SYNTHESE -----	47
1.7 CONCLUSION-----	48
2. LA FORET MAROCAINE : DES DROITS, UNE SOCIETE ET DES USAGES-----	49
2.1 LA FORET MAROCAINE -----	49
2.2 EVOLUTION DU DROIT DE PROPRIETE DES ESPACES BOISES AU MAROC --	51
2.3 ORGANISATION SOCIO-SPATIALE -----	54
2.4 SYNTHESE -----	65
2.5 CONCLUSION-----	68
3. AIDE A LA DECISION -----	69
3.1 L'AIDE A LA DECISION-----	69
3.2 LES SCENARIOS-----	78
3.3 FORMULATION DECISIONNELLE DE L'AMENAGEMENT FORESTIER -----	80
3.4 ETAT EN MATIERE D'UTILISATION DES METHODES D'AIDE A LA DECISION EN AMENAGEMENT DES FORETS -----	88
3.5 SYNTHESE -----	92
3.6 CONCLUSION -----	93
CONCLUSION DE LA PREMIERE PARTIE -----	94
PARTIE II : MATERIELS ET METHODES -----	95
4. APPROCHE STRUCTUREE POUR L'INTEGRATION DES METHODES D'AIDE A LA DECISION EN AMF -----	97

4.1	DEMARCHE GLOBALE PROPOSEE	97
4.2	DONNEES NECESSAIRES A L'APPROCHE	102
4.3	APPROCHE MISE EN ŒUVRE POUR LES DECISIONS STRATEGIQUES	102
4.4	APPROCHE MISE EN ŒUVRE POUR LES DECISIONS TACTIQUES	112
4.5	EVALUATION ET COMPARAISON DES SCENARIOS	118
4.6	CONCLUSION	120
5.	ZONE D'ETUDE ET ECOLOGIE DES ESPECES NATURELLES	121
5.1	CRITERES DE CHOIX DE LA ZONE D'ETUDE	121
5.2	PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	122
5.3	PRESENTATION ET ECOLOGIE DU CEDRE DE L'ATLAS	134
5.4	PRESENTATION ET ECOLOGIE DU CHENE VERT	142
5.5	CONCLUSION	147
	CONCLUSION DE LA DEUXIEME PARTIE	148
	PARTIE III : DIAGNOSTIC SOCIO-ECONOMIQUE ET ETUDE DES VOCATIONS	149
6.	DIAGNOSTIC SOCIO-ECONOMIQUE ET VOCATIONS DE L'ESPACE	151
6.1	APPROPRIATION DE L'ESPACE DE LA FORET D'AJDIR	151
6.2	CONTEXTE SOCIO-ECONOMIQUE	155
6.3	PRESENTATION DES PRINCIPALES FRACTIONS USAGERES DE LA FORET D'AJDIR	160
6.4	VOCATIONS AU NIVEAU D'AJDIR	175
6.5	DEPOUILLEMENT	190
6.6	CONCLUSION	199
	CONCLUSION DE LA TROISIEME PARTIE	202
	PARTIE IV : RESULTATS ET DISCUSSIONS	203
7.	APPROCHE QUANTITATIVE POUR LES DECISIONS STRATEGIQUES	205
7.1	INFORMATIONS NECESSAIRES AUX MODELES	206
7.2	FORMULATION DU MODELE	216
7.3	RESOLUTION DES MODELES QUANTITATIFS	221
7.4	DISCUSSIONS ET CONCLUSIONS	234
8.	DEFINITION DES SCENARIOS	237
8.1	ANALYSE DES VARIABLES CLES RETENUES POUR LA DEFINITION DES SCENARIOS PROSPECTIFS	237
8.2	SCENARIO CONTINUITE	246
8.3	SCENARIO PROTECTION	248
8.4	SCENARIO DEVELOPPEMENT INTEGRE	252
8.5	SCENARIO PARC NATIONAL	254
8.6	ANALYSE DES SCENARIOS	257
8.7	CONCLUSION	266

9. ALTERNATIVES D'AMENAGEMENT ASSOCIEES AUX SCENARIOS -----	267
9.1 COMPOSANTES DES ALTERNATIVES -----	267
9.2 ALTERNATIVE ASSOCIEE AU SCENARIO DEVELOPPEMENT INTEGRE -----	277
9.3 ALTERNATIVE ASSOCIEE AU SCENARIO PARC NATUREL -----	286
9.4 ALTERNATIVE ASSOCIEE AU SCENARIO CONTINUE -----	298
9.5 SUIVI DES CHANGEMENTS DE L'EVOLUTION DES PEUPEMENTS -----	303
9.6 CONCLUSION -----	312
10. EVALUATION DES SCENARIOS -----	313
10.1 CRITERES ET INDICATEURS D'EVALUATION DES PERFORMANCES DES SCENARIOS -----	313
10.2 METHODE MULTICRITERE UTILISEE -----	328
10.3 MISE EN ŒUVRE DE L'EVALUATION -----	333
10.4 CONCLUSION -----	343
11. DISCUSSIONS GENERALES -----	345
CONCLUSION ET PERSPECTIVES -----	354
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES -----	359
ANNEXES -----	386

LISTE DE TABLEAUX

Tableau 1. Modes de gestion et d'exploitation des ressources naturelles à l'échelle locale	62
Tableau 2. Typologie des problématiques de décision	71
Tableau 3. Synthèse des caractéristiques des principales méthodes d'agrégation complète et partielle	77
Tableau 4. Niveaux de décision en aménagement des forêts	82
Tableau 5. Exemples de variables structurelles	105
Tableau 6. Interactions entre actes de gestion et objectifs d'aménagement	109
Tableau 7. Modèles de croissance utilisés	115
Tableau 8. Caractéristiques ombrothermiques du cèdre de l'Atlas	137
Tableau 9. Insectes xylophages et sous-corticaux du cèdre au Moyen et au Haut Atlas	140
Tableau 10. Dates de délimitation des différents cantons de la forêt d'Ajdir	151
Tableau 11. Parcs de parcours des fractions usagères d'Ajdir	152
Tableau 12. Structure de la population en %	156
Tableau 13. Niveau d'instruction en %	156
Tableau 14. Evolution du nombre d'habitants de la forêt d'Ajdir	157
Tableau 15. Structure des propriétés foncières en %	158
Tableau 16. Cheptel des fractions usagères de la forêt	158
Tableau 17. Quantités de bois de feu prélevées officiellement de la forêt d'Ajdir ..	160
Tableau 18. Population de la fraction des Aït Lahcen ou Saïd	162
Tableau 19. Priorité des actions envisageables selon les femmes et par douar	165
Tableau 20. Priorité des actions envisageables selon les hommes et par douar ---	166
Tableau 21. Population de la fraction des Aït Boumzil	167
Tableau 22 . Priorité des actions envisageables selon les femmes et par douar ---	169
Tableau 23. Priorité des actions envisageables selon les hommes et par douar ---	170
Tableau 24. Composition de la population de la fraction des Aït Boumezough ----	171
Tableau 25 . Priorité des actions envisageables selon les femmes et par douar ---	174
Tableau 26. Priorité des actions envisageables selon les hommes et par douar ---	175
Tableau 27. Influence des différents facteurs sur la réalisation des fonctions	178
Tableau 28. Classification des pentes en fonction de l'aptitude potentielle	180
Tableau 29. Contribution du facteur type du couvert dans la fonction pastorale	181
Tableau 30. Contribution du facteur densité des peuplements dans la réalisation de la fonction pastorale	181
Tableau 31. Contribution du facteur éloignement par rapport aux douars dans la réalisation de la fonction pastorale	182
Tableau 32. Contribution du facteur éloignement par rapport aux points d'eaux dans la réalisation de la fonction pastorale	182
Tableau 33. Affectations potentielles de l'espace rural	191
Tableau 34. Potentiel de production de bois de feu de la forêt d'Ajdir	193
Tableau 35. Besoins fourragers du cheptel pâture dans la forêt d'Ajdir	194
Tableau 36. Contribution des différentes composantes au bilan fourrager des cheptels	194

Tableau 37. Degré de surpâturage au niveau de la cédraie d'Ajdir -----	195
Tableau 38. Surface et volume initial du cèdre sur pied par fraction et par stade de développement prédominant-----	209
Tableau 39. Périodes d'exécution des différentes actions prévues par les itinéraires sylvicoles -----	212
Tableau 40. Accroissement moyen annuel des peuplements de cèdre en m ³ /ha/an -----	213
Tableau 41. Main d'œuvre nécessaire à l'installation des peuplements -----	215
Tableau 42. Main d'œuvre nécessaire à la conduite des peuplements -----	215
Tableau 43. Résultats des modèles (maximisation de l'objectif de la production ligneuse et de l'emploi) : effets des contraintes sur les solutions optimales -----	222
Tableau 44. Productions périodiques obtenues par les modèles d'aménagement à zéro contrainte-----	224
Tableau 45. Productions périodiques du bois et de l'emploi obtenues par les modèles d'aménagement avec une seule contrainte -----	228
Tableau 46. Productions périodiques pour les modèles d'aménagement avec contrainte de normalité et de rendement soutenu -----	232
Tableau 47. Scénarios possibles-----	245
Tableau 48. Scénarios et variables structurelles -----	245
Tableau 49. Analyse des scénarios en termes d'homogénéité et d'intensification de la composante agricole-----	261
Tableau 50. Analyse des scénarios en termes d'intensification de la composante pastorale -----	261
Tableau 51. Analyse des scénarios en termes d'intensification de la composante forestière -----	261
Tableau 52. Analyse des scénarios en termes d'homogénéité et d'intensification des activités génératrices de revenus-----	261
Tableau 53. Finalité des différentes formes d'organisation des acteurs -----	263
Tableau 54. Contribution des formes d'organisation des acteurs à la mise en œuvre réussie des scénarios -----	264
Tableau 55. Orientations à assigner aux différentes affectations potentielles-----	269
Tableau 56. Caractéristiques des séries-objectifs retenues par l'alternative développement intégré -----	278
Tableau 57. Caractérisation des peuplements des séries-objectifs retenues par le scénario parc naturel -----	289
Tableau 58. Itinéraires techniques et leurs adaptabilités aux séries-objectifs -----	304
Tableau 59. Valeurs des habitats -----	322
Tableau 60. Synthèse des critères et indicateurs d'évaluation retenus -----	327
Tableau 61. Tableaux des performances -----	334
Tableau 62. Matrice synthétique des performances -----	337
Tableau 63. Jeux de poids utilisés dans les différentes comparaisons -----	338
Tableau 64. Analyse de sensibilité des solutions obtenues -----	341
Tableau 65. Scores globaux de dominance des scénarios en utilisant Evamix-----	342

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Espace des solutions pour l'aménagement des forêts	37
Figure 2. Echelles de l'aménagement multifonctionnel des forêts	38
Figure 3. Exigences pluviométriques annuelles des principales espèces climaciques du Maroc	50
Figure 5. Exploitation complémentaire de l'espace par la société locale	58
Figure 6. Droits corrélés aux espaces et aux ressources naturelles	60
Figure 7. Schéma de l'aide à la décision	72
Figure 8. Démarche proposée	100
Figure 10. Principes de simulation de peuplements	116
Figure 11. Carte de situation de la zone d'étude	122
Figure 12. Carte des classes d'altitude de la forêt d'Ajdir	125
Figure 13. Carte des classes de pentes en %	126
Figure 14. Carte des expositions de la forêt d'Ajdir	127
Figure 15. Carte des isohyètes calculées sur la base des moyennes annuelles	128
Figure 16. Carte des substrats rencontrés dans la cédraie d'Ajdir	129
Figure 17. Composition des peuplements de la cédraie d'Ajdir	131
Figure 18. Stades de développement des peuplements de cèdre d'Ajdir	132
Figure 19. Parcs pastoraux de la forêt d'Ajdir	133
Figure 20. Répartition actuelle du cèdre de l'Atlas	135
Figure 21. Facteurs influençant la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas	139
Figure 22. Carte revue des parcs pastoraux d'Ajdir	154
Figure 23. Carte des degrés de changement du couvert	184
Figure 24. Carte des vocations forestières	185
Figure 25. Carte des vocations pastorales	186
Figure 26. Carte des vocations conditionnées	187
Figure 27. Carte des vocations agroforestières	188
Figure 28. Carte des vocations mixtes	189
Figure 29. Enjeux afférant aux parcours collectifs	197
Figure 30. Facteurs abiotiques de dégradation dans la zone d'étude	198
Figure 31. Fluctuations périodiques de la production ligneuse pour le modèle d'aménagement ayant pour fonction objectif la maximisation de l'emploi avec zéro contrainte	225
Figure 32. Répartition des classes d'âge à la fin de l'HP pour le modèle d'aménagement ayant pour FO la production de bois avec zéro contrainte	226
Figure 33. Répartition des classes d'âge à la fin de l'HP pour le modèle d'aménagement ayant pour FO la production de l'emploi avec zéro contrainte	226
Figure 34. Fluctuations de la production de l'emploi durant l'horizon de planification pour les modèles de maximisation de la production de l'emploi avec contrainte de normalité et contrainte de rendement soutenu	229

Figure 35. Fluctuations de la production de bois durant l'horizon de planification pour le modèle de maximisation de la production de bois avec contrainte de normalité et contrainte de rendement soutenu -----	229
Figure 36. Structure des peuplements à la fin de l'HP pour les modèles d'aménagement ayant pour FO la production de bois et avec une seule contrainte (normalité ou rendement soutenu)-----	230
Figure 37. Fluctuations des productions pour les modèles d'aménagement de maximisation de la production du bois avec contrainte de normalité et de rendement soutenu du bois et de celui avec contrainte de normalité et de rendement soutenu du bois et de l'emploi -----	233
Figure 38. Fluctuations des productions d'emploi pour les modèles d'aménagement de maximisation de la production de l'emploi avec contrainte de normalité et de rendement soutenu de l'emploi et de celui avec contrainte de normalité et de rendement soutenu du bois et de l'emploi -----	234
Figure 39. Place des quatre scénarios par rapport aux variables structurelles -----	246
Figure 40. Circuits récréatifs de randonnée proposés -----	268
Figure 41. Priorité des actions par douar pour les femmes -----	271
Figure 42. Priorité des actions par douar pour les hommes-----	272
Figure 43. Alternative d'aménagement associée au scénario développement intégré -----	282
Figure 44. Aménagements récréatifs envisagés par le scénario développement intégré -----	283
Figure 45. Alternative d'aménagement associée au scénario parc-----	295
Figure 46. Interventions sylvopastorales envisagées par l'alternative parc naturel -	296
Figure 47. Aménagements récréatifs envisagés par le scénario parc -----	297
Figure 48. Alternative d'aménagement associée au scénario continuité-----	301
Figure 49. Aménagements récréatifs envisagés par le scénario continuité-----	302
Figure 50. Triangle de structure -----	305
Figure 51. Evolution de la moyenne annuelle des productions périodiques des scénarios parc et développement intégré en m ³ /an -----	307
Figure 52. Itinéraires retenus par le scénario développement intégré-----	308
Figure 53. Itinéraires retenus par le scénario parc -----	309
Figure 54. Exemple d'évolution des caractéristiques dendrométriques et de la structure des peuplements (cas de la parcelle 20) -----	311
Figure 55. Indices de concordance et de discordance dans le cas de critères francs -----	329
Figure 56. Indices de concordance et de discordance spécifique dans le cas de critères flous -----	330
Figure 57. Démarche opérationnelle de la méthode Electre III -----	331
Figure 58. Comparaison des scénarios en utilisant les différents jeux de poids -----	340

LISTE DES ABREVIATIONS

AHP : Analytic hierarchy process
AMF : Aménagement multifonctionnel des forêts
C&I : Critères et indicateurs
CS : Cycle sylvicole
Dh(s) : Dirham(s). Unité monétaire du Maroc (1Euro=11Dhs)
FO : Fonction objectif
HCEFLCD : Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification
HJ : Homme-jour
HP : Horizon de planification
IFN : Inventaire forestier national
ITTO : International Tropical Timber Organisation
MARP : Méthode accélérée pour la recherche participative
MMCAD : Méthode multicritère d'aide à la décision
N : Normalité
ODBC : Open database connectivity
PFN : Programme forestier national
PL : Programmation linéaire
PMH : Petite et moyenne hydraulique
RBC : Réserve de biosphère de la cédraie
RS : Rendement soutenu
SAU : Surface agricole utile
SIBE : Site d'intérêt biologique et écologique
UF : Unité fourragère
UPB : Unité petit bétail
VBA : Visual Basic for Application

INTRODUCTION GENERALE

Contexte global

Le rôle et la perception de la forêt ont largement évolué. Elle ne constitue plus un espace approprié mais un patrimoine où divers acteurs peuvent exercer leurs droits. Ce changement émane de l'importance grandissante de la forêt en tant qu'élément de l'environnement (Mekouar, 2001) et comme espace d'exercice d'usages multiples. Ainsi, les fonctions de la forêt se sont multipliées pour passer de demandes locales à des attentes de plus grande envergure et à plus large échelle (Marell et al., 2003). La multiplicité d'acteurs concernés et la nécessité de l'intégration de leurs besoins, aspirations et préférences dans les processus décisionnels (Waaub et al., 1998), invoquent la perception de la forêt *patrimoine* et s'intègrent dans le paradigme du développement durable. Ce dernier implique une appropriation des actions envisagées par les acteurs et une transmissibilité du bien ou des services qui en découlent aux générations futures.

L'évolution du rôle et de la perception de la forêt a nécessité une révision des approches envisagées jusqu'alors en aménagement des forêts, dans le sens d'un plus grand pluralisme tant sur le plan des approches, que des acteurs et des fonctions (Wang, 2002 ; Wang, 2004; Wang et Wilson, 2007). L'intégration de la multifonctionnalité et de la pluralité des acteurs est d'une grande complexité (Farcy et Devillez, 2005). Elle suppose en effet, la mise en place de nouveaux processus de décision et de gouvernance qui impliquent eux-mêmes la mise à disposition de données et informations utiles et pertinentes. Les outils existants qui ne sont pas exclusivement centrés sur des finalités de production primaire ou ligneuse, financières et/ou économiques sont rares.

Contexte local

Avec sa situation géographique privilégiée, disposant d'une façade nord sur la Méditerranée, une autre à l'ouest sur l'océan Atlantique et de vastes étendues désertiques (Sahara au sud), ainsi que d'importantes chaînes montagneuses (dont certains sommets dépassent 4000 mètres d'altitude), le Maroc dispose d'une grande variabilité bioclimatique. Celle-ci va des bioclimats sahariens, aux arides, semi-arides, subhumides, humides et jusqu'au perhumide de la haute montagne. Cette variabilité bioclimatique lui

confère une importante diversité biologique. Ainsi, sur un domaine forestier¹ de 9 millions d'hectares, les forêts naturelles faisant l'objet de gestion et d'exploitation, occupent une surface de l'ordre de 5.280.000 ha dont le tiers est constitué de forêts productives avec 81% de forêts feuillues et 19% de conifères. A cette superficie, s'ajoutent environ un million d'hectares de nappes alfatières et 3.186.000 ha de formations d'acacia. Les peuplements artificiels occupent près de 0.5 million d'hectares (AEFCS, 1996a).

La forêt marocaine a toujours constitué un espace multifonctionnel par excellence. Dans un contexte agraire, la forêt est l'objet de différentes convoitises et ses fonctions sociales sont reconnues par les textes législatifs en vigueur. Elle constitue à la fois le principal pourvoyeur de fourrages pour les troupeaux des ruraux, une source d'emploi pour les populations locales riveraines et aussi de bois et de produits dérivés pour la population et pour l'industrie. Suite à l'accroissement de la population et de ses besoins dont fut témoin le siècle dernier et aux dynamiques sociales qui en ont découlé, des déséquilibres de plus en plus flagrants entachent les relations entre la population et la forêt (Mounir, 2002). Ces derniers se traduisent par une demande dépassant de loin l'offre pour la plupart des biens et services de la forêt.

Malgré les efforts déployés par l'administration des eaux et forêts marocaine pour l'aménagement des forêts (50% des forêts sont aménagées), force est de constater que ces écosystèmes restent dans des états très précaires. Certes, cet état de fait n'incombe pas exclusivement aux aménagements forestiers², étant donné l'impact des facteurs extérieurs à la forêt. Ils devraient néanmoins contribuer à réguler la pression et à envisager un changement des tendances. Cependant, on peut leur reprocher d'être très subjectifs et mal adaptés aux objectifs et aux enjeux. En effet, les choix envisagés reposent souvent sur des critères mal identifiés et/ou partiellement quantifiés. Ces aménagements se limitent à la détermination de la surface ou du volume à exploiter. « *Constituant des règlements d'exploitation basés sur des objectifs définis pour plusieurs ressources à l'intérieur de l'unité d'aménagement, leur problème est comment atteindre leurs différents objectifs simultanément et de manière optimale* » (Mounir, 2002). Enfin, ils ne considèrent ni les usagers ni leurs dynamiques sociales

¹ Propriété privée de l'Etat

² L'implémentation des dispositions des aménagements est souvent tributaire des budgets alloués. L'exécution porte prioritairement sur la réalisation des exploitations forestières prévues par le plan de gestion.

comme composante susceptible de déterminer l'avenir des écosystèmes (exclusion sociale).

Tel qu'il est pratiqué actuellement au Maroc, l'aménagement forestier n'a pas pu arrêter ni anticiper les situations de dégradation. La réflexion sur l'adoption de nouveaux outils adaptés aux spécificités des écosystèmes forestiers marocains, s'avère nécessaire.

Contexte de l'étude

Les réflexions relatives à cette étude ont été entamées à la suite de la mise en œuvre du projet pilote d'informatisation de la gestion forestière au Maroc. Ce dernier, fruit de la collaboration entre l'unité des eaux et forêts de l'UCL et l'administration des eaux et forêts marocaine, avec le concours financier de l'AGCD et de la Région wallonne, a permis le développement d'applications informatiques pour le suivi des exploitations forestières (désignées SIGFOR).

Il s'est avéré, à l'issue du projet, qu'une réflexion sur l'automatisation des aménagements forestiers serait intéressante aussi bien pour le gestionnaire que pour l'administration forestière marocaine. Elle serait à même de mettre à profit les bases de données alimentées par les applications développées. C'est ainsi que l'idée initiale s'est articulée autour du développement d'un système informatisé d'aide à la décision en matière d'aménagement des forêts (SIADAF) basé sur la recherche opérationnelle et sur les techniques quantitatives en aménagement forestier. Par la suite, le projet s'est réorienté vers un balisage des choix offerts à l'aménagiste en termes de méthodes d'aide à la décision susceptibles d'être intégrés dans le futur système (SIADAF). La conduite de cette étude constitue donc un préalable au développement éventuel d'un système d'information d'aide à la décision en matière d'aménagement forestier au Maroc.

Objectifs

L'aide à la décision permet d'apporter des éléments de nature à éclairer le décideur lors des choix qu'il pose. L'intégration des méthodes d'aide à la décision dans le domaine de l'aménagement des forêts devrait apporter des éléments permettant de réduire la part de subjectivité des pratiques classiques d'aménagement orientées plutôt vers la production ligneuse. Son couplage à la prospective et à des pratiques participatives et de gestion des parties prenantes devrait permettre de cerner les dynamiques sociales et de parvenir à une meilleure appropriation de l'aménagement par les acteurs concernés. Son association aux outils performants de traitement des

données comme les systèmes d'information au sens large et particulièrement les systèmes d'information géographique, devrait permettre d'assister le gestionnaire au quotidien et d'aider le décideur à mettre en œuvre plus de clairvoyance dans le processus d'élaboration des aménagements des forêts. La question sous-jacente est le rôle et l'adéquation des outils informatiques dans le processus.

Les objectifs assignés à ce travail revêtent prioritairement un caractère conceptuel et/ou méthodologique. Ils visent à répondre aux nouveaux enjeux de la gestion et de l'aménagement forestier au Maroc à travers la proposition et l'essai d'utilisation de méthodes apparentées à l'aide à la décision pour l'aménagement multifonctionnel des forêts au Maroc. Les objectifs fixés peuvent être résumés comme suit : i) positionner le processus de dégradation des ressources forestières dans son contexte social et historique ; ii) procéder à la formulation décisionnelle de l'aménagement des forêts et proposer une démarche basée sur les méthodes multicritères d'aide à la décision utilisable dans le contexte marocain ; iii) cerner les dynamiques locales et présenter des éléments d'intervention qui les prennent en considération (ceci à travers l'intégration de la prospective) ; iv) proposer des critères et indicateurs objectifs d'évaluation des performances d'un aménagement forestier et v) analyser les implications du recours aux méthodes d'aide à la décision en termes de données mobilisées, de méthodes utilisées et de résultats obtenus.

Méthodologie

L'approche proposée est empirique. A travers l'application de plusieurs méthodes d'aide à la décision dans un contexte particulier de la forêt de montagne au Maroc, elle doit être en mesure de vérifier leur adéquation et de proposer une démarche permettant, tout en respectant les spécificités des forêts marocaines, d'asseoir un aménagement multifonctionnel des forêts. Cette finalité doit être approchée à travers la proposition et l'évaluation de l'usage de méthodes multicritères d'aide à la décision.

Ces méthodes, une fois identifiées et proposées, seront appliquées à une cédraie de montagne en l'occurrence celle d'Ajdir située au Moyen Atlas au Maroc. A travers la mise en œuvre pratique, on testera et on analysera la pertinence du recours à ces méthodes, eu égard à leurs implications méthodologiques et leurs exigences en terme de données, d'outils et de démarches.

Le travail peut être résumé comme suit :

- i) l'analyse de l'état de l'art en matière d'aménagement de forêt,
- ii) la compréhension de certains aspects historiques inhérents à l'évolution du droit de propriété et de l'appropriation des espaces boisés marocains et ce à travers une analyse de l'organisation socio-territoriale,
- iii) la formulation décisionnelle de l'aménagement des forêts de façon à clarifier les choix en termes de méthodes d'aide à la décision,
- iv) la préparation des données utilisables relatives au diagnostic socio-territorial et à l'étude des vocations,
- v) la mise en œuvre de l'approche comporte :
 - a. le développement d'une approche quantitative basée sur la programmation linéaire pour identifier les niveaux optimaux des objectifs d'aménagement quantifiables ;
 - b. le développement d'un ensemble de scénarios prospectifs ;
 - c. la traduction des scénarios en alternatives d'aménagement correspondant à leur implémentation opérationnelle (en termes d'interventions et actes de gestion) ainsi que la simulation et le suivi de l'évolution des peuplements à l'issue de la mise en œuvre de ces alternatives ;
 - d. le choix de critères et indicateurs (C&I), l'évaluation des performances des scénarios par rapport à ces C&I et leur comparaison pour l'identification du meilleur scénario. Ceci en utilisant une méthode multicritère d'aide à la décision.
- vi) Discussion des résultats obtenus.

Structure du document

Le présent travail est articulé en cinq parties, respectivement organisées comme suit :

1. Le cadre théorique constitue une synthèse bibliographique. Il comporte trois chapitres. Le premier est relatif à l'aménagement forestier et à son contexte au Maroc. Le deuxième essaiera de mettre un peu de lumière sur certains traits inhérents aux origines de l'évolution des peuplements forestiers actuels et de l'accroissement de la pression sur les ressources forestières, et ce à travers l'analyse de l'évolution du concept de droit de propriété et de l'appropriation des espaces forestiers ainsi que de celui de l'organisation socio-territoriale au Maroc. Le troisième porte sur les

méthodes d'aide à la décision et sur la formulation décisionnelle de l'aménagement multifonctionnel des forêts. Ces chapitres seront présentés comme suit :

- ✓ Le chapitre sur l'aménagement forestier présentera de manière succincte les définitions, les nouveaux enjeux ainsi que les nouvelles tendances en la matière pour passer à l'aménagement forestier au Maroc. Ce dernier comporte une présentation des cadres régissant son application, son évolution ainsi qu'une analyse critique qui tentera de mettre en exergue les handicaps des pratiques actuelles et justifiera le recours à une nouvelle approche d'aménagement des forêts.
- ✓ Le chapitre sur la « forêt marocaine : des droits, une société et des usages » visera la compréhension des enjeux liés aux usages. Après une brève présentation de la forêt marocaine, ce chapitre présentera succinctement une analyse de l'évolution du droit de propriété au Maroc pour passer à l'organisation socio-territoriale ayant prévalu et les leçons à tirer. Ce chapitre présentera les soubassements légaux et traditionnels des droits d'usage, la place qu'avaient les institutions traditionnelles dans la gestion des ressources communautaires et les éléments qui ont conduit à la rupture des équilibres.
- ✓ Le chapitre sur l'aide à la décision comprendra une brève définition du processus d'aide à la décision, des classes de ces méthodes ainsi que l'état en matière de leur usage en aménagement des forêts. Ce chapitre comprendra également la formulation décisionnelle de l'aménagement forestier selon les directives des méthodes d'aide à la décision. Ainsi, l'accent sera mis sur la description des modèles décisionnels : nature des décisions, acteurs concernés et méthodes d'agrégation qui seront utilisées.

2. La deuxième partie porte sur la méthodologie et sur le cadre d'application de l'approche. Elle comportera les chapitres suivants :

- ✓ L'approche adoptée comprend : i) la description globale de la démarche utilisée et ii) la présentation des différentes composantes de l'approche. On abordera le principe de construction des scénarios et des alternatives d'aménagement qui leur sont associées, les critères d'évaluation, les méthodes multicritères retenues et les techniques quantitatives d'aménagement des forêts.

- ✓ Le cadre d'application comporte : i) la présentation de la zone d'étude (forêt à aménager) ; ii) l'écologie des espèces locales (cèdre de l'Atlas et chêne vert).
3. La troisième partie est relative aux données nécessaires pour la mise en œuvre de l'approche. Elle comporte : i) le diagnostic socio-économique qui traite l'appropriation de l'espace au niveau de la zone d'étude, le contexte socio-économique et la présentation des différentes fractions usagères, ii) l'étude des vocations qui consiste en la définition de zones aptes à certaines vocations, et iii) un dépouillement et une synthèse.
4. La quatrième partie porte sur la mise en œuvre de la démarche envisagée. Elle comporte les résultats de l'utilisation des différentes méthodes adoptées. Elle est étayée en quatre chapitres :
- ✓ L'approche quantitative est basée sur la programmation linéaire et concerne les décisions stratégiques. Dans ce chapitre, on formulera et on testera des modèles d'aménagement forestier basés sur la programmation linéaire. Les résultats obtenus seront discutés de façon à faire ressortir les intérêts et les limites des modèles proposés.
 - ✓ La définition des scénarios se base sur la prospective. Elle comporte l'analyse des variables structurelles, la définition d'un certain nombre de scénarios, la présentation de chacun de ces derniers ainsi qu'une analyse portant sur leur plausibilité.
 - ✓ La présentation des alternatives d'aménagement associées aux scénarios introduit les composantes des alternatives, puis explicite chacune d'entre elles et présente enfin le suivi des changements de l'évolution des peuplements à l'issue de la mise en œuvre des actes de gestion.
 - ✓ L'évaluation des scénarios comporte l'identification de critères et d'indicateurs d'évaluation des performances des scénarios-alternatives, la présentation de la méthode multicritère retenue ainsi que la comparaison multicritère des scénarios et la discussion des résultats obtenus.
5. La dernière partie du travail comporte les discussions générales relatives aux différentes composantes de l'approche ainsi qu'à sa mise en œuvre. Cette partie les abordera en termes d'informations requises et/ou mobilisées, des méthodes et des outils nécessaires et de la pertinence de leur application de façon générale et plus particulièrement dans le contexte marocain. Viendra ensuite un chapitre de conclusion et perspectives.

Limites

Les limites de la présente étude peuvent porter sur divers éléments :

- Le contexte de l'étude nous a orientés vers les approches rationnelles. Toutefois, le choix et la comparaison de plusieurs approches seraient utiles pour en élargir la portée. Les contraintes inhérentes à ces choix ont limité l'éventualité d'investir dans un diagnostic et une validation sociale. Pour y palier on a été amené à utiliser les résultats du projet de Khénifra et à avoir des discussions avec plusieurs intervenants (gestionnaires, population locale, société civile et chercheurs).
- La crise inhérente à l'évolution de la pratique et aux dynamiques sociales dans le contexte marocain risque de rendre caduques toutes les propositions éventuelles ; ceci a été approché par l'intégration de la composante prospective.
- Les risques inhérents à la multiplicité des champs d'actions et des disciplines et qui ne peuvent donc être tous développés avec la profondeur souhaitable ; le recours à de solides références s'est imposé.
- L'universalité de la démarche versus un cas spécifique.

PARTIE I :

REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

"La coutume, ainsi, est le grand guide de la vie humaine."
(David Hume)

... comprendre pour mieux aborder !

La première partie constitue un cadrage théorique de la problématique de la recherche. Elle procède à une revue bibliographique sur l'aménagement des forêts (l'état de l'art et l'analyse de sa pratique dans le contexte marocain), le contexte socio-spatial marocain (droit de propriété et appropriation de l'espace, organisation socio-spatiale et usages) et les méthodes d'aide à la décision (état de l'art et formulation décisionnelle de l'aménagement des forêts).

1. L'AMÉNAGEMENT FORESTIER

L'aménagement des forêts n'a vu le jour, sous sa forme actuelle en tant que discipline d'ingénieur, qu'au début du 18^{ème} siècle suite aux contributions des écoles forestières françaises et allemandes de l'époque. Toutefois, comme activité humaine et dans son sens le plus profond, il est l'héritier d'une vieille histoire datant de la maîtrise du feu par l'Homme il y a 500 000 ans (Arnould, 2002). Ainsi, l'homme a le plus souvent su trouver un compromis entre nécessité d'avoir des terrains labourables pour répondre à ses besoins en denrées alimentaires, et la nécessité de garder des peuplements forestiers, sources de bois de chauffage et de construction, de gibiers, de fruits et de pâturages d'appoint. Ceci a favorisé l'individualisation et le développement de cette discipline dans le but de mieux gérer et maintenir cet équilibre.

Le terme aménagement doit son origine étymologique au latin *Admenagium*, qui signifie meubler sa maison (Peyron, 1999). Dans le contexte forestier, ce mot fut utilisé pour la première fois en France lors du règne d'Henri IV. Par la suite il a pris deux sens l'un se rapportant à l'exploitation du bois et l'autre à l'adaptation de la forêt aux besoins quotidiens (Pardé, 1999).

Ce chapitre s'intéressera aux fondements de l'aménagement forestier en tant que discipline. Il portera successivement sur une tentative de définition de cette discipline, sur l'évolution de sa pratique, de ses enjeux et des nouvelles visions pour son implémentation, pour passer ensuite à une présentation de l'aménagement forestier dans le contexte marocain.

1.1 DEFINITION

Il est difficile de définir un concept et une discipline en continuelle mutation et développement. Ainsi, le concept « d'aménagement des forêts » a grandement changé de sens en partant de la programmation des rotations des coupes en vue de maximiser les revenus jusqu'à la conciliation d'objectifs conflictuels (Martell et al., 1998). Plusieurs définitions lui furent données, certaines courtes et concises, d'autres longues et nuancées ou ambiguës. Peyron en 1998 (*in* Pardé, 1999) a ainsi rassemblé une vingtaine de définitions intéressantes.

Huchon (1975) relève que la plupart des définitions qui ont été données à l'aménagement forestier sont construites autour des trois mots « *coupe, temps et espace* ». En 1964, Bourgenot l'avait défini comme suit *“aménager une forêt c'est d'abord fixer l'objectif à atteindre, ensuite prévoir les mesures pour atteindre cet objectif”*. Une définition simple et concise fut donnée par la FAO en 1991 (*in* FAO, 1997) : aménager revient à *«décider ce que l'on souhaite faire d'une forêt compte tenu de ce qu'il est possible d'en faire et en déduisant ce que l'on devrait en faire»*.

Une définition générique de l'aménagement forestier peut assimiler celui-ci à un outil de gestion rationnelle et raisonnée des forêts ; il assigne des objectifs à l'écosystème forestier en se basant sur des analyses qui permettent de mieux appréhender les potentialités, les contraintes et les enjeux inhérents à la forêt. La confrontation des divers éléments ainsi obtenus permet, via une approche déductive et itérative, de mettre en œuvre des décisions ou plutôt une programmation dans le temps et dans l'espace des interventions à entreprendre en forêt. Il s'impose toutefois d'intégrer certains aspects dans ce processus d'analyse et plus particulièrement la dimension sociale relative aux attentes des riverains, les conflits d'usage ou de légitimité d'usage et également les différentes échelles associées aux biens et services produits (tangibles et intangibles).

L'aménagement forestier peut être défini comme une discipline à part entière, comme application des sciences de gestion ou de l'écologie appliquée (Farcy, 2008). Son objet ou son acceptation change de sens en fonction du type de société dans laquelle il est implémenté (Farcy et Devillez, 2005).

1.2 EVOLUTION DE L'AMENAGEMENT FORESTIER

L'évolution de l'aménagement des forêts est induite par de profondes mutations des cadres sociaux régissant les rapports de l'homme avec la forêt ainsi que des modes d'appropriation qu'il développe envers cette ressource (Farcy et Devillez, 2005; Martell et al., 1998).

Farcy et Devillez (2005) ont analysé cette évolution dans le cas des forêts belges, et l'ont rapportée aux relations entre l'homme et la nature. Cette dernière passe par quatre étapes. La première, issue du développement du concept de la propriété des temps romains, correspond à la nature appropriée. La seconde correspond à la nature concédée ; elle est caractérisée par l'importance de la structure sociale au Moyen-âge quand l'individu n'existait que par et dans le groupe ; elle puisait son fondement dans le droit coutumier oral régissant les relations humaines (les ressources

naturelles ont été grevées de droit d'usage). La troisième est la nature ressource ; elle émane des nouveaux rapports et enjeux ayant trait à la révolution industrielle et plus particulièrement aux prérogatives du droit de l'homme et du citoyen. Ainsi, les écosystèmes forestiers étaient perçus comme un objet mis à la disposition de l'Homme. De cette vision cartésienne, ils se sont vus associés au concept de ressource faisant allusion aux usages et prélèvements à caractère économique susceptibles d'y être pratiqués. C'est à cette période que le concept d'aménagement forestier s'est bien individualisé en tant que discipline (Pardé, 1999). La dernière étape correspond aux limitations des prérogatives appliquées au droit de propriété et qui émanent de l'attention accordée aux concepts d'environnement et de territoire³. Les dynamiques sociales engendrées par ces changements concourent à long terme à des changements dans les pratiques locales de gestion des ressources naturelles (Bekkari, 2005) et à un changement éventuel des différentes maîtrises susceptibles d'être pratiquées sur l'espace forestier.

L'aménagement forestier est ainsi passé des « *paléo aménagements* » se basant sur l'usage du feu (Arnold, 2002) à une quête de plus en plus formalisée de la "soutenabilité" (Arnould, 2001; Arnould, 2002; Boutefeu, 2005). De même que d'un outil au service *général édicté par les forestiers* il s'est transformé en un outil de conciliation d'objectifs économiques et environnementaux (Boutefeu, 2005).

Cette évolution peut également être analysée via l'examen des principes directeurs de l'aménagement forestier. Ils correspondent à la *forêt normale* et au *rendement soutenu* (Barette, 1996). Ces deux principes (de forêt normale et de rendement ligneux soutenu), représentant l'appréhension classique de l'aménagement des forêts, ont été qualifiés « *d'une simplicité trompeuse* » (Leslie, 1997). Ceci va de pair avec l'abolition de la théorie de l'effet de sillage. Ainsi, l'accroissement de l'importance des autres fonctions de la forêt implique la nécessité de maintenir le fonctionnement et l'intégrité des fonctions de l'écosystème forestier et non seulement de sa composante «production ligneuse». Ceci oriente l'aménagement forestier vers une *ouverture ambitieuse* visant l'intégration des attentes sociales (Boutefeu, 2005).

³ A partir des années 1970, les conférences internationales ont mis l'accent sur les sujets relevant de la « pauvreté, du développement économique et environnement naturel » (PERMAN et al., 2005). Dans cette vague de prise de conscience, le développement soutenu (ou le développement durable) fut défini (en 1987 dans un document de la WCED). Il sous-entend un «développement qui cherche à satisfaire les besoins et aspirations actuelles sans compromettre celles des générations futures» (Brundtland et al., 1988).

1.3 CARACTERISTIQUES ET ENJEUX DE LA GESTION ET DE L'AMENAGEMENT DES FORETS

L'aménagement des forêts constitue une discipline en continuelle mutation. Les perceptions qui ont largement prévalu « d'effet de sillage⁴ » se sont avérées insuffisantes. Ainsi, « *s'attachant à de nouvelles finalités et donc à de nouveaux objets, l'aménagement se voit confronté à d'autres temporalités et à d'autres espaces naturels et sociaux* » (Farcy et Devillez, 2005).

La multiplicité d'acteurs et la nécessité de leur intégration au processus de gestion et de prise de décision, la multifonctionnalité, les enjeux environnementaux et de développement durable constituent autant d'éléments à considérer dans l'élaboration des aménagements forestiers. Ces éléments conjugués aux difficultés émanant de la hiérarchie spatio-temporelle, des estimations des valeurs des fonctions de la forêt (surtout des aménités et externalités) et de la définition explicite des scénarios d'aménagement rendent de plus en plus difficile la conception et la mise en œuvre des aménagements forestiers.

1.3.1 Nouvelles perceptions

La perception de la forêt a largement évolué ; elle ne constitue plus un espace approprié mais plutôt un patrimoine où divers acteurs peuvent exercer leurs droits. Ceci émane des changements dans les relations entre l'homme et la nature, de la prise en compte des considérations sociales et de la nature et de l'importance des objectifs assignés à l'espace forestier (Davis et al., 2001).

D'une vision de l'homme qui domine la nature, les rapports tendent vers une coexistence de l'homme et de la nature voire même, de l'abstraction – ignorance – de son action. Sur le plan de la prise en compte des considérations sociales, d'une logique d'exclusion, les tendances s'orientent vers l'intégration des besoins et aspirations des acteurs dans les processus décisionnels relatifs à l'aménagement et à la gestion forestière. Sur le plan des objectifs, d'une logique de production ligneuse, les tendances actuelles s'orientent vers le maintien de l'intégralité des fonctions de la forêt.

⁴ Thèse stipulant que « *la présence d'un couvert boisé ou d'une gestion forestière attentive était également bénéfique à la protection du milieu, à l'emploi et à l'accueil du public* » (Farcy, 2005).

La forêt est de plus en plus convoitée pour répondre à des attentes de plus grande envergure et à plus larges échelles (Marell et al., 2003). Sa multifonctionnalité caractérisée par la présence de fonctions conflictuelles, la multiplicité d'acteurs avec leurs besoins, aspirations et préférences, les préoccupations environnementales et les enjeux de durabilité sont les principaux éléments ayant favorisé ce changement des perceptions. Ceci entend la forêt en tant que patrimoine.

1.3.2 Hiérarchie spatio-temporelle

La composante spatiale est inhérente à l'organisation de la forêt. Elle est d'une première importance pour plusieurs raisons. D'abord, les études thématiques (analyses et synthèses) sont ramenées aux unités spatiales (série, canton, parcelle ...), ensuite la planification forestière affecte des interventions à des unités spatiales de gestion. Enfin, la forêt n'est pas un élément dissocié, elle intègre un paysage, un bassin versant, une région ... etc.

Les différentes décisions portent sur différents niveaux hiérarchiques qui correspondent à des niveaux spatiaux. Les limites spatiales se rapportant à l'organisation de la gestion forestière peuvent ne pas coïncider avec celles de l'organisation administrative (communes) ou de l'organisation socio-territoriale. Cependant, la concordance entre les différentes décisions doit être assurée.

La composante spatiale intervient par l'éloignement, la pénétration et le relief dans l'estimation des coûts supplémentaires liés à la réalisation des interventions envisagées.

La composante temporelle est inhérente à l'objet de la planification, au long terme caractérisant la gestion forestière et à l'éventualité d'un changement futur de la priorité des différentes fonctions suite aux changements des préférences des sociétés. La plupart des forêts actuelles sont le résultat de plusieurs années de développement, voir même de plusieurs décades. Des pratiques désastreuses seraient difficilement réparables dans le futur. Les usages changent également en fonction du temps et des sociétés (à titre d'exemple, les fonctions récréatives des forêts atteignent de nos jours des dimensions prépondérantes).

Le facteur temporel augmente le risque. En effet, nombreux sont les aléas qui entrent en ligne de compte. Une échelle temporelle plus grande induit des risques plus importants. De même, l'horizon de planification des

aménagements forestiers risque parfois de les rendre « caducs⁵ » avant même d'être approuvés (Chauvin, 2002). En parallèle, une gestion patrimoniale de la forêt suppose son adaptabilité aux besoins de la société, ce qui reste délicat en raison de l'évolution des besoins et du long terme caractérisant l'aménagement et la gestion forestière (Bousson, 2003).

Mounir (2002) rapporte que la complexité spatio-temporelle n'a été réellement explicitée que vers la moitié des années 1990. Les connaissances nécessaires pour intégrer celle-ci restent, jusqu'à nos jours, incomplètes.

La conjugaison de la composante spatiale et temporelle permet de définir trois catégories de décision en aménagement des forêts : stratégique portant sur le long terme et à grande échelle spatiale, tactique se rapportant au moyen terme et opérationnelle intéressant des actions à très court terme et concernant une unité de gestion bien déterminée (chapitre 3).

Les tendances actuelles s'orientent davantage vers le développement de schémas directeurs. Les plans d'aménagements s'y intègrent et se réduisent à une programmation dans le temps et dans l'espace constituant un programme des coupes et travaux (Subotsch-Lamande et Chauvin, 2002 *in* Farcy, 2005) ; c'est ce que les Anglo-saxons désignent par « *harvest scheduling* ».

1.3.3 Estimation difficile des aménités et valeurs des biens et services forestiers

Pour une meilleure décision en matière d'aménagement des forêts, l'appréciation des valeurs des différents biens et services (tangibles et intangibles) produits par la forêt est indispensable.

Parmi les biens et services susceptibles d'être produits par la forêt, une grande majorité est difficilement quantifiable et constitue des aménités⁶ ou des externalités positives. Les prix marchands des produits prélevés de la forêt ne reflètent pas leurs vraies valeurs. En effet, les valeurs d'existences

⁵ Il arrive parfois, lors de la procédure d'approbation de l'étude d'aménagement forestier, des phénomènes qui peuvent influencer d'une façon ou d'une autre sur le contenu de l'étude (refus par les populations locales, des catastrophes naturelles ...).

⁶ Les aménités constituent un « ensemble d'objets matériels qui contribuent à ce qu'un territoire fasse l'objet d'une appréciation positive par certains individus indépendamment ou parallèlement aux aspects économiques » (Terrasson, 2002).

et d'options sont souvent trop difficiles à évaluer. Heureusement, l'évolution de la discipline de l'économie des ressources naturelles a permis de mettre en place un certain nombre de modes de calcul pour l'évaluation des biens et services qui ne sont pas échangeables en termes monétaires. Il s'agit principalement des méthodes contingentes ou hédoniques pour l'évaluation de la valeur des paysages et des méthodes du coût de voyage pour la récréation (Perman et al., 2005). Toutefois, la pertinence de ces techniques reste discutable.

Ainsi, il serait difficile de vouloir évaluer avec une grande précision les valeurs associées à certains usages et plus particulièrement la production d'oxygène, la fixation du carbone, la protection des sols, les valeurs d'existence des espèces disparues ou menacées de disparition,...etc. Il serait également difficile de quantifier l'impact et les conséquences des décisions d'aménagement sur le milieu, sur les habitats, sur le mode de vie des communautés locales et sur la qualité esthétique⁷ des paysages (Rousseau et al., 1998).

1.3.4 Alternatives non explicitement définies

En matière d'aménagement des forêts, les choix relatifs aux itinéraires sylvicoles ou aux structures futures des peuplements peuvent être plus au moins explicitement définis. En termes de planification des différentes activités, le choix est souvent subjectif et imprégné du tâtonnement (surtout dans les démarches classiques de l'aménagement des forêts basées sur le flair). Les calendriers d'intervention sont multiples et ne sont pas faciles à cerner de manière exhaustive et ce en raison de la complexité, de l'incertitude et de l'ignorance du déterminisme inhérent aussi bien aux processus biologiques qu'aux dynamiques sociales.

La multiplicité des alternatives justifie le recours à la programmation mathématique (linéaire, dynamique ou en entier) pour assurer des choix efficaces.

⁷ La qualité esthétique elle-même reste un concept assez abstrait dans la mesure où elle renvoie au caractère artistique perçu comme tableau ou à un caractère pittoresque induisant des sensations et des émotions (Oberti et Oberti, 2001).

1.4 NOUVELLES TENDANCES DE L'AMENAGEMENT DES FORETS

Les nouvelles tendances de l'aménagement forestier partent de la nécessité d'intégrer les préoccupations de la durabilité au sens large. Ceci s'est traduit pratiquement par trois approches complémentaires. La première porte sur la définition de nouvelles politiques forestières, la seconde porte sur l'adoption de nouvelles méthodes d'aménagement des forêts et la troisième porte sur l'évaluation (Mrosek et al., 2006).

Premièrement, la définition de nouvelles politiques s'est basée sur les déclarations de principes forestiers et sur la mise en place de programmes forestiers nationaux.

Deuxièmement, plusieurs méthodes ou paradigmes pour l'aménagement des forêts ont été développées : *Ecosystem management*, *Adaptive Management*, *Sustainable Forest Management*, ...etc. Les nouvelles approches ont essayé d'apporter des éléments de réponse aux enjeux soulevés ci-dessus (cf. 1. 3). Leurs acquis portent sur des changements de vision concernant : l'usage dominant versus la multifonctionnalité, la certitude dans l'action versus l'apprentissage par la pratique, des échelles spatio-temporelles petites versus plus grandes, un acteur hégémonique versus le pluralisme, et finalement la rentabilité financière versus la durabilité de l'action.

La multifonctionnalité se rapporte aux différentes fonctions et usages de la forêt, et concerne différents plans. Sur le plan écologique, elle consiste à rechercher les moyens susceptibles de maintenir la biodiversité et le paysage à une échelle large (Kangas et al., 2004 ; Lackey, 1998 ; Leitao et Ahern, 2002). Sur le plan économique, elle cherche à favoriser une production en termes aussi bien quantitatifs que qualitatifs. Sur le plan social, elle tient compte des préférences, aspirations et besoins des différents acteurs concernés par la forêt. Les méthodes émergentes d'aménagement tentent d'intégrer ces différentes préoccupations. Dans les différents essais de mise en œuvre de *l'Ecosystem Management*, trois conceptions peuvent être différenciées : une mise en œuvre caractérisée par l'opérationnalisation du principe de l'usage multiple tout en prônant la composante environnementale, un aménagement orienté ou *basé écosystème* et enfin un aménagement *ecorégional* (Yaffee, 1999). Ces mises en œuvre se caractérisent par la prise en compte d'échelles spatiales grandes et par la recherche accrue de la multifonctionnalité. L'espace des solutions de l'aménagement des forêts est composé par conséquent de

solutions écologiquement viables, économiquement faisables et socialement acceptables (figure 1).

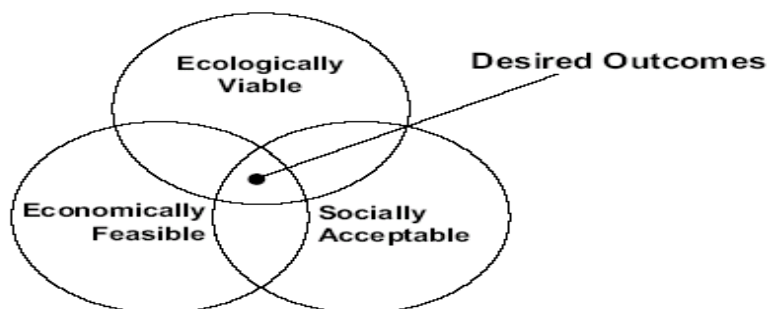


Figure 1. Espace des solutions pour l'aménagement des forêts d'après VanDamme et al. (2003)

La reconnaissance des lacunes de la compréhension humaine du fonctionnement des écosystèmes naturels avait conduit à la nécessité de réadapter les actions en fonction des résultats intermédiaires et a conduit à l'émergence de « *l'adaptive management* » (Levine, 2004). Cette démarche est basée sur un « apprentissage par la pratique » (Johnson, 1999). Elle est cyclique (Stringer et al., 2006) et consiste en « *une série d'actions, dont chacune est caractérisée par des boucles de feedback ou de rétroaction et une prédisposition à ajuster les hypothèses, les objectifs et les actions de l'aménagement* » (Oglethorpe, 2002). Toutefois, la mise en œuvre de cette approche s'est limitée à de petites échelles et s'est attachée plus à la modélisation qu'à l'expérimentation (Walters, 1997; Lee, 1999; Raadgever et al., 2008). Elle n'a pas eu le succès attendu. Walters (1997) évoque quatre raisons principales. La première s'explique par la primauté accordée au perfectionnement des modèles plutôt qu'à leur évaluation. La seconde concerne les coûts et les risques à prendre pour implémenter l'approche à de larges échelles (Davis et al., 2001). La troisième réside dans la peur que le fait d'implémenter la démarche entache la crédibilité des organisations et des agences d'aménagement et de recherche. La quatrième émane des systèmes de valeurs des différents ayants droit et plus particulièrement les conflits se rapportant aux valeurs écologiques. Gunderson (1999) a conclu que les trois barrières majeures à l'application de « *l'adaptive management* » résident dans l'inflexibilité des systèmes sociaux, dans la faible résilience des écosystèmes et dans les challenges techniques associés aux dispositifs expérimentaux (*experiment design*).

L'extension des échelles et la composante sociale ont été intensément prises en considération dans les nouvelles démarches (figure 2).

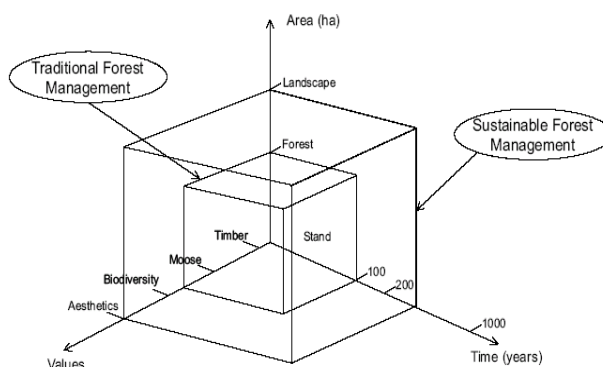


Figure 2. Echelles de l'aménagement multifonctionnel des forêts d'après Van Damme et al. (2003)

Et troisièmement, concernant l'évaluation, suite à la déclaration des principes forestiers au sommet de la terre de Rio (1992), il a été clairement souligné que les forêts doivent être aménagées durablement pour satisfaire les besoins sociaux, économiques, environnementaux, culturels et spirituels des générations actuelles et futures. L'intégration des préoccupations relatives à la durabilité s'est traduite, entre autres, par la représentation des fonctions sociales, écologiques et économiques en terme de valeurs de critères et d'indicateurs mesurant la durabilité (Mendoza et Dalton, 2005; Sheppard et Meitner, 2005).

1.5 L'AMÉNAGEMENT FORESTIER AU MAROC

Dans ce qui suit, on s'intéressera à l'aménagement forestier au Maroc. On présentera son cadre. Puis, on discutera l'évolution de sa pratique. Ensuite, on analysera ses limites.

1.5.1 Cadre de l'aménagement des forêts

L'aménagement forestier porte sur un espace supportant des ressources forestières, objet de différentes maîtrises et géré par des règles bien établies et de différentes natures. Au Maroc, il s'inscrit dans le cadre politique instauré par le programme forestier national (MDCEF⁸, 1998) et concerne

⁸ Le PFN se veut un cadre politique dont l'objectif fondamental est la conservation et la mise en valeur durable des écosystèmes forestiers. La stratégie globale du PFN s'articule autour de

des écosystèmes riches et variés (Benabid et Fennane, 1994 ; Benabid, 2002 ; M'Hirit, 1999). Ces écosystèmes forestiers sont assujettis à plusieurs contraintes. Ces dernières sont inhérentes au milieu naturel ou ont trait à l'action anthropique. Les forêts étant toutes domaniales, l'aménagement forestier au Maroc est un outil et un acte administratif propre à l'administration en charge des forêts à savoir le Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification (HCEFLCD).

Le climat méditerranéen est caractérisé par une saison sèche induisant une croissance réduite et un stress des peuplements forestiers. Ceci pourrait rendre ces derniers vulnérables aux différentes attaques parasitaires.

Les précipitations concentrées au cours de la saison pluvieuse durant moins de six mois provoquent, sur les substrats fragiles, des décapages et des lessivages intenses. Ce phénomène d'érosion fragilise le milieu naturel et accroît la pression subie par les peuplements.

A l'intérieur et au voisinage des espaces forestiers marocains, des populations rurales survivent. Ces populations ont recours à la forêt pour la constitution ou l'amélioration de leurs revenus (prélèvements de bois de feu, de menus produits ainsi que d'unités fourragères pour l'alimentation du bétail). Lorsqu'il y a surcharge pastorale, on observe un tassement du sol et un abrutissement sélectif d'espèces et de jeunes semis. Cela induit de manière progressive une stérilisation des terres et un changement des structures des peuplements suite au manque de régénération naturelle.

Dans les zones non délimitées⁹, et plus particulièrement au nord du Maroc, les populations locales procèdent au défrichement des terrains forestiers situés sur des pentes fortes, pour éviter l'emprise étatique sur ces terres encore appelée domanialisation. En plus de ces défrichements, on observe des empiétements urbains ; la forêt est en effet un important réservoir foncier susceptible de répondre à la forte demande des agglomérations et des infrastructures routières.

Les feux de forêt constituent un grand danger en région méditerranéenne, surtout en été lors de la saison sèche et chaude. Ils sont le plus souvent d'origine humaine, et induits de façon plus ou moins intentionnelle. Ils

trois axes : la gestion patrimoniale de la forêt, le développement des zones péri-forestières et le développement d'actions de partenariat avec les acteurs concernés par la forêt.

⁹ Il s'agit d'espaces présumés domaniaux mais n'ayant pas encore fait objet de la procédure légale de délimitation (visant leur intégration définitive au domaine forestier)

conduisent à une matorralisation et à une dégradation des écosystèmes forestiers qui se chiffrent en milliers d'hectares.

1.5.2 Evolution de la pratique d'aménagement des forêts au Maroc

Les pratiques forestières et d'aménagement des forêts ont grandement évolué au Maroc pour passer d'une exploitation désordonnée à une surexploitation « réglementée ». Les grandes étapes de l'évolution récente de la gestion et de l'aménagement des forêts au Maroc peuvent être décrites comme suit :

1.5.2.1 1^{ère} phase : avant le protectorat (1914) : absence d'une gestion formelle des forêts

Si certains auteurs soulignent l'importance des écosystèmes forestiers marocains au cours de la période romaine et font revivre le mythe du « grenier de Rome » (Davis, 2007), il n'en reste pas moins que ce sujet doit être considéré avec précaution et doit être analysé dans le cadre historique et scientifique en faisant abstraction d'une version véhiculée pour motiver l'intervention ultérieure de la colonisation française. Cette dernière part d'hypothèses revêtant un caractère narratif, énoncées lors de l'installation du protectorat français pour acquérir ultérieurement le caractère de « *postulats scientifiquement bien établis* » (Davis, 2005).

Les écosystèmes forestiers marocains ont été décrits pour la qualité de leurs paysages et pour leur diversité faunistique et floristique. Les deux siècles de paix et d'essor économique de l'empire romain devaient coïncider avec le temps de l'exploitation intensive des forêts marocaines. Ces dernières devaient en souffrir plus que des différents troubles des quatre siècles qui ont précédé l'arrivée de l'Islam (Tawfik, 1999) ; cette version pourrait faire valoir une importante assiette foncière forestière et relativiser l'impact de la pression du colonisateur sur les ressources forestières marocaines (Davis, 2004 ; Davis, 2005).

L'avènement de l'Islam au Maroc fut précurseur de transformations et de changements politiques, sociaux et culturels profonds. Les besoins des différentes dynasties qui se sont succédé ont certainement pesé lourdement sur les forêts marocaines. La pression s'est accrue avec l'arrivée au XI^{ème} siècle (époque de l'affaiblissement et du déclin de la dynastie des Almohades) de quelques 100 000 foyers de bédouins arabes qualifiés d'agitateurs et d'indisciplinés (Tawfik, 1999).

Le début du siècle dernier reste caractérisé par l'absence d'une politique forestière. Selon Benzyane (1999), de gros besoins ont été satisfaits par des prélèvements directs dans les forêts ; les estimations font état d'une consommation annuelle entre 8 000 et 10 000 t de charbon pour les seules grandes agglomérations de l'époque (Fès, Meknès, Marrakech, Oujda, Rabat-Salé, Essaouira, Safi et El Jadida). L'industrie de cuir qui était très développée, consommait quant à elle annuellement des quantités d'écorce à tan estimées¹⁰ à 25.000 t.

1.5.2.2 2^{ème} Phase : 1917-1939 : mise en place de l'administration des eaux et forêts

Cette période correspond à la mise en place par la colonisation française d'une administration chargée des eaux et forêts. Les premiers programmes qu'elle avait entrepris furent de vastes programmes de restauration et de recépage -exploitation- des forêts, des opérations d'écorçage du chêne liège, et un début de contrôle des exploitations du cèdre. A l'issue de cette phase, environ 700 000 ha ont été exploités et les premières récoltes du liège mâle ont eu lieu dans la subéraie de la Maâmora (Mounir, 2002).

1.5.2.3 3^{ème} Phase : 1940-1970 : adoption des premiers plans d'aménagement

Au cours de cette phase, l'exploitation s'est organisée autour du cèdre, du chêne liège et de l'arganier. Les besoins engendrés par la deuxième guerre mondiale (1939-1944) ont conduit à son intensification par l'administration coloniale.

La surexploitation des écosystèmes forestiers a conduit à la nécessité de mettre en œuvre une vision stratégique de l'exploitation forestière. Les premiers règlements d'exploitation ont ainsi vu le jour. Ils ont été calqués sur les méthodes d'aménagement pratiquées en forêts tempérées en tenant compte des spécificités climatiques locales. Ils visaient la valorisation des forêts productives et comprenaient une phase de régulation.

Pour les cédraies, les aménagements ont été caractérisés par leur souplesse. Ils ont concerné les massifs les plus importants (Azrou, Aïn Leuh, Ajdir et Sidi M'guild). Ils visaient le rajeunissement des vieilles futaies.

¹⁰ Le même auteur estime que cette période a été caractérisée par une exploitation désordonnée qui a largement contribué à la régression du domaine forestier. Cette explication a été annoncée par Boudy dès le début de la colonisation française (Davis, 2005).

La méthode d'aménagement adoptée est la futaie régulière à affectation unique. La superficie du quartier bleu ne dépassait pas le sixième de la forêt. La période d'aménagement a été fixée à 20 ans et les dimensions exploitables à des diamètres à 1 m 30 supérieurs à 80 cm.

Même après l'indépendance du pays en 1956, il n'y a avait pas eu de rupture par rapport à la ligne de gestion établie par l'administration forestière coloniale. Les mêmes textes sont toujours en vigueur.

A l'issue de cette phase, seulement 300.000 ha ont été aménagés, soit 6 % de la superficie des forêts productives marocaines (Benzyane, 1999). Ces aménagements ont échoué dans le rajeunissement des peuplements suite au déficit d'installation de la régénération naturelle.

1.5.2.4 4^{ème} Phase 1970-1990 : Priorité à la régénération des forêts

Suite à la grande difficulté d'installation de la régénération naturelle du cèdre et du chêne liège, il a été décidé de revoir les règlements d'exploitation adoptés pour ces espèces.

Les nouvelles méthodes d'aménagement préconisées se basaient sur la futaie jardinée, là où la régénération naturelle ne faisait pas défaut, et sur la futaie régulière par groupes de régénération stricts ou élargis selon les cas, dans les zones où elle n'est pas acquise régulièrement. Il a également été proposé d'avoir recours à la régénération assistée voire même à la régénération artificielle (Mounir, 2002).

Pour la régénération assistée, des techniques culturales ont été prescrites. Il s'agit principalement d'actions de décapage et de crochetage du sol et d'ensemencements dans les zones où la fructification est insuffisante. Les parcelles à régénérer ont également bénéficié d'une mise en défens avec clôture¹¹. Quant à la régénération artificielle, l'aménagiste a insisté sur la nécessité de l'exécuter selon les règles de l'art : des plants ou des graines de qualité ayant une provenance bien contrôlée, ainsi qu'un respect des calendriers des travaux pour mieux faire face aux aléas climatiques (Benzyane, 1999).

¹¹ Cette mesure a été envisagée pour réduire l'impact négatif de la contrainte pastorale sur la régénération. Elle a été mise en œuvre dès 1984 pour les cédraies et vers la fin des années 80 pour le chêne liège (forêt de Bab Azhar).

Malgré que cette période ait été caractérisée par la promulgation du texte de loi de 1976 relatif à l'organisation de la participation de la population locale dans le développement de l'économie forestière, l'ouverture aux populations n'a été entreprise que très récemment.

1.5.2.5 A partir des années 1990 : nécessité d'ouverture à la société civile

Malgré les efforts déployés par l'administration forestière, la plupart des mises en défens n'ont pas été respectées et les taux de réussite de la régénération naturelle ou artificielle sont restés médiocres. La prise en considération des usagers en tant que contrainte, perception qui a largement prévalu depuis la mise en place de l'administration forestière, a montré ses limites. Ainsi, une prise de conscience s'est installée : la gestion forestière ne peut aucunement être faite avec la vision hégémonique du forestier gendarme ; au contraire, il y a lieu d'établir un cadre plus large où les usagers sont considérés comme des acteurs à part entière dans les différentes décisions portant sur la gestion des ressources forestières.

Suite à cet état de fait, l'administration forestière a envisagé une intégration des populations usagères dans les décisions portant sur la forêt, concrétisée à travers des mesures compensatrices au profit des usagers de la forêt à l'issue des mises en défens dans les périmètres d'exercice de leur droit d'usage. Toutefois, l'application de ces mesures compensatrices s'est heurtée au départ à des difficultés de définition des ayants droit et aux sommes accordées jugées dérisoires par la population locale.

En ce qui concerne les décisions portant sur la forêt, la participation des populations riveraines reste insignifiante. A ce jour, le seul aménagement concerté concerne la forêt de Tanghaya-Kourt dans le Rif et a été financé par l'Union Européenne. La participation des populations locales s'est résumée à une concertation portant sur les infrastructures et sur les équipements sociaux à installer dans leur forêt.

1.5.3 Analyse de la pratique des aménagements au Maroc

Soixante ans après les premiers aménagements, il y a lieu de constater que les objectifs qui leur ont été assignés n'ont pas été atteints (en termes de structure, de régénération et de « soutenabilité » de la production). Les structures actuelles des peuplements forestiers en témoignent. Dans ce qui suit, on présentera l'état général des écosystèmes forestiers marocains pour passer ensuite à une formulation des insuffisances de l'exercice des aménagements forestiers au Maroc.

1.5.3.1 Etat général des écosystèmes forestiers

Les formations forestières marocaines faisant l'objet d'exploitation et de gestion, couvrent une superficie de 5,3 millions d'ha dont le tiers est constitué par des forêts productives. Le taux moyen de boisement ne dépasse pas 9%. Les peuplements forestiers marocains sont caractérisés par un ensemble de traits pouvant se résumer comme suit :

- La productivité est relativement faible : de 1 à 5 m³/ha/an en fonction du bioclimat, de l'espèce et des conditions du milieu (MDCEF, 1999).
- Les peuplements sont âgés, dégradés ou trop clairs (AEFCS, 1996a ; Housni, 1999).
- L'état sanitaire des peuplements est dégradé : dépérissements, attaques par des xylophages ...etc. (Mounir, 2002 ; Moufaddal, 2007).
- Les peuplements forestiers présentent des structures irrégulières.
- La production en bois reste insuffisante pour satisfaire les besoins intérieurs. Les importations en bois d'œuvre s'élèvent à plus de 80% des besoins nationaux (Benabid, 2002).
- La forêt est l'objet d'une exploitation intense. Les prélèvements de bois de feu atteignent 11 millions de m³ alors que les possibilités en la matière ne dépassent pas 4,5 millions de m³. Sur le plan pastoral, elle contribue au-delà de ses capacités. Ainsi, 17% du bilan fourrager national est prélevé directement de la forêt, soit l'équivalent de 5 milliards de Dirhams (Mounir, 2002).

La dégradation des écosystèmes forestiers atteint des seuils alarmants. Les chiffres officiels font état d'une régression annuelle de la superficie forestière de l'ordre de 31.000 ha. Une conséquence importante est l'envasement des barrages qui engendre des pertes de leur capacité de stockage. Cette dernière peut atteindre annuellement le volume mobilisé par un barrage de capacité moyenne (AEFCS, 1996b), soit l'équivalent de 5 à 10 mille ha de terrains irrigués (Moufaddal, 2007). Le coût annuel de la dégradation des écosystèmes forestiers et périforestiers a été estimé à l'équivalent de 710 millions de dirhams (Moufaddal, 2007).

1.5.3.2 Les limites des aménagements forestiers au Maroc

Tels qu'ils sont élaborés au Maroc, les aménagements forestiers ne tiennent pas compte des nouvelles tendances en la matière. Leur analyse révèle plusieurs insuffisances. Ces dernières peuvent être organisées en : contraintes relatives aux analyses et synthèses de l'aménagement, contraintes inhérentes à l'implémentation et la mise en œuvre des aménagements, celles portant sur le suivi et le monitoring des interventions prévues par l'aménagement et enfin contraintes relatives aux aspects opérationnels des aménagements des forêts. Les rencontres réalisées avec

des aménagistes et des forestiers au Maroc ainsi que l'analyse de la documentation permettent de les résumer comme suit :

i) Sur les aspects relatifs aux analyses préliminaires de l'aménagement

Par rapport à la démarche adoptée :

- ✓ Sur le plan de l'étude : peu de connaissances sur les espèces forestières marocaines qui permettent l'appréciation de leur croissance (tables de production) ce qui engendre des estimations biaisées des accroissements et/ou une mauvaise appréciation des prélèvements par la possibilité.
- ✓ L'analyse du bilan s'attache davantage aux bilans en matières et en travaux ; en l'absence de table de production et de visibilité par rapport à la structure des peuplements, ceci conduit à l'absence d'une lecture critique des résultats des aménagements et travaux antérieurs.
- ✓ Rarement où des contraintes relatives à la structure objectif des peuplements sont intégrées explicitement aux objectifs et/ou sont vérifiées. Elles restent sous-entendues par les prescriptions de la méthode d'aménagement adoptée.

Par rapport aux exigences devant être prises en considération :

- ✓ Les études d'aménagement s'attardent d'avantage sur la forêt et le bois, alors que la promotion d'autres activités ou ressources alternatives pourrait alléger grandement la pression à laquelle elle est soumise.
- ✓ Les investigations et les actions restent confinées à l'intérieur de l'espace forestier, sans se soucier des zones périforestières qui, de par les activités qu'elles supportent, agissent de façon largement significative sur le devenir de l'espace forestier.
- ✓ Les autres ressources forestières ne sont pas évaluées à leur juste valeur. En effet, un certain nombre de produits qualifiés de secondaires, contribuent grandement aux revenus des populations rurales (plantes aromatiques et médicinales, champignons, glands, plantes mellifères, emplois ...etc.).
- ✓ La prise en considération des populations locales reste marginale et se limite à une estimation des prélèvements qu'elles réalisent. Les enquêtes et études socio-économiques, laborieuses et lourdes, n'interviennent pas de manière directe dans l'aménagement forestier. En plus, elles sont réalisées sur la base d'un échantillon, qui ne prend pas en compte l'organisation ethno-spatiale. Elles sont basées sur des questionnaires individuels, alors que dans l'appréhension locale de l'utilisation des ressources naturelles, les forêts sont perçues comme un bien collectif objet de différentes maîtrises ; d'où la nécessité d'une approche collective.
- ✓ L'intégration des aspects sociaux et culturels des populations locales est quasi absente. Dans un contexte caractérisé par la grande

dépendance des populations locales envers les ressources naturelles, les dynamiques sociales sont à même d'accroître le risque de caducité des études d'aménagement.

- ✓ La faible implication des gestionnaires locaux dans le processus de réalisation des études d'aménagement.

ii) Sur le plan des aspects relatifs aux synthèses de l'aménagement

- ✓ Le manque de réalisme dans la formulation des différents objectifs. En effet, les études s'attardent davantage sur les aspects descriptifs et opérationnels avec l'absence de réalisme au niveau stratégique et parfois des incohérences entre le diagnostic mis en œuvre et les actions envisageables.
- ✓ L'absence de données relatives à la productivité de certaines espèces ainsi que sur la conduite sylvicole à leur réserver.
- ✓ En l'absence de régénération naturelle, le recours aux possibilités combinées (contenance/volume) est favorisé. Or, avec le manque ou l'imprécision des données relatives à la productivité, les résultats sont souvent désastreux sur la structure des peuplements.
- ✓ La détermination des interventions sylvicoles est souvent le fruit de tâtonnements, du hasard et/ou du flair de l'aménagiste ; l'absence d'outils adéquats rend cette opération délicate à accomplir.

iii) Sur le plan des aspects relatifs à l'implémentation et à la mise en œuvre des aménagements

- ✓ Bien que les décisions d'aménagement aient un caractère obligatoire, la faiblesse des ressources financières de l'administration rend parfois difficile l'application et le suivi des dispositions du plan de gestion.
- ✓ Le fait que les recettes émanant des exploitations forestières soient versées dans les caisses des communes rurales dont les moyens de fonctionnement sont faibles, conduit à ce que ces dernières demandent davantage de recettes, et par conséquent plus de volumes de bois à exploiter dépassant parfois les dispositions du plan de gestion de l'aménagement en question. De plus, les 20% de ces recettes censés être réinvestis en forêt sont utilisés pour d'autres fins ; désormais ceci vient d'être abrogé par la loi de finance de 2009 envisageant le versement direct des 20% sur le compte du fond national forestier.
- ✓ L'aménagement est considéré comme un processus limité dans le temps et non pas en tant que processus continu. Fréquemment, les aménagements successifs s'effectuent de manière totalement indépendante. Ceci conduit à des difficultés d'implémentation (le problème se pose surtout pour les contraintes de mises en défens).
- ✓ L'aménagement reste un document statique qui tend à devenir caduc et obsolète rapidement.

iv) Sur le plan des aspects relatifs au suivi

- ✓ Le Maroc a contribué à la définition des critères et indicateurs de l'aménagement durable des forêts pour la région nord-africaine et du Moyen Orient. Toutefois, aucune tentative d'intégration ou de mise en œuvre de ces critères n'a été initiée.
- ✓ L'absence d'outils susceptibles de faciliter le suivi des études d'aménagement et de l'historique de la gestion, conduit à un faible suivi des dynamiques des peuplements, de leurs structures et par conséquent à une évaluation difficile des résultats de l'aménagement.

v) Sur le plan des aspects opérationnels

- ✓ La préparation des plans d'aménagement reste trop coûteuse.

1.6 SYNTHÈSE

L'aménagement forestier constitue un outil indispensable à une gestion durable et efficiente des écosystèmes forestiers. Sa pratique a largement évolué ; ainsi les approches basées sur le rapport soutenu et l'approche néoclassique de l'économie ont montré leurs limites (Kant, 2003). L'enjeu est devenu la conciliation des objectifs socio-économiques et environnementaux souvent conflictuels ; les principes ayant prévalu tendent à céder la place à un principe unique qui est l'intégralité des fonctions de l'écosystème forestier. Ainsi, les forestiers seront peut être appelés à « *lâcher prise sur les bases même de leur légitimité réglementaire, technique, scientifique* » (Chauvin et Piroche, 2004) et à mettre à la même table, gestionnaires et chercheurs, dans le cadre d'une « *ingénierie sociale visant la réponse à des interrogations partagées* » (Boutefeu, 2005).

La conception et la mise en œuvre des études d'aménagement sont de plus en plus compliquées, en raison de la prise en compte de trois facteurs principaux : (i) multifonctionnalité de la forêt, (ii) contraintes naturelles, sociales et de durabilité et (iii) dimensions spatio-temporelles. Cette complexité est amplifiée par « *l'incertitude découlant de l'inexactitude- i.e. la confusion, l'ambiguïté, l'imprécision- et de la variabilité des comportements spatiaux des systèmes écologiques et humains* » (Kijazi, 2005).

Au Maroc, l'aménagement forestier constitue un exercice trop lourd à conduire, c'est ce qui explique que seulement¹² 41% des forêts sont gérées

¹² Actuellement ce chiffre est à revoir à la hausse, soit 50% (communication personnelle de Mr. Nagggar chef de service d'aménagement des forêts au HCEFLCD). Encore faut-il le prendre avec précaution ; nombreux sont les aménagements arrivés à terme ou en cours de révision.

conformément à un plan d'aménagement (Benzyane, 1999). Tels qu'ils sont préparés actuellement au Maroc, les plans d'aménagement sont orientés davantage vers la production ligneuse et révèlent plusieurs insuffisances. Ils n'ont pas pu parvenir à atteindre les objectifs qui leur ont été assignés.

1.7 CONCLUSION

La pratique de l'aménagement forestier a largement évolué au profit d'une plus grande complexité et de l'intégration d'une multitude de composantes. La nature, la complexité et l'imbrication des ensembles de données utilisées dans les études d'aménagement forestier (quantitatives/qualitatives, estimées/observées ...etc.) et la nécessité d'intégrer les aspirations des acteurs concernés, accroissent les difficultés de parvenir à des choix judicieux. Ainsi, il serait illusoire de vouloir se baser seulement sur des méthodes subjectives ou de se fier au bon sens pour émettre les décisions opportunes ; tel est l'intérêt du recours aux méthodes d'aide à la décision.

La complexité des études d'aménagement est par ailleurs amplifiée par les spécificités du contexte marocain. En effet, ce dernier, dans lequel la forêt est un bien commun, objet de différentes maîtrises foncières et/ou fruitières, est caractérisé par de fortes dynamiques sociales. Ces dernières puisent leur légitimité dans le droit de propriété et dans les servitudes liées à l'organisation socio-spatiale des usagers d'une forêt donnée. Dans ce contexte, la compréhension de l'organisation socio-spatiale en relation avec le droit de propriété, et de leurs évolutions historiques constitue un préalable indispensable à l'appréhension des enjeux inhérents à l'aménagement forestier. Elle pourra apporter des éléments d'explication aux échecs actuels des aménagements ; tel sera l'objet du prochain chapitre.

Après l'exposition du contexte socio-spatial, la présentation des méthodes d'aide à la décision devra aboutir à une formulation décisionnelle de l'aménagement multifonctionnel des forêts et faciliter un choix judicieux des méthodes à utiliser. Ces méthodes doivent pouvoir tenir compte de la complexité de la pratique, des spécificités des écosystèmes forestiers marocains, de la prépondérance des fonctions sociales ainsi que des maîtrises foncières qui leur sont liées. La conjugaison des méthodes d'aide à la décision avec la puissance de traitement de données des systèmes d'information au sens large devrait permettre d'apporter des éléments de solution aux problèmes d'aménagement qui se posent.

2. LA FORÊT MAROCAINE : DES DROITS, UNE SOCIÉTÉ ET DES USAGES

Il est clairement établi au Maroc que la principale cause de la dégradation des ressources forestières est l'action anthropique. Les difficultés de la mise en œuvre de l'aménagement forestier au Maroc résident dans les spécificités des écosystèmes forestiers et des usages qui y sont pratiqués. Ces usages découlent des textes législatifs en vigueur et constituent une limitation au droit de propriété. La pression et les problèmes qui en découlent se sont multipliés à la suite du passage du droit coutumier à un droit écrit. Une meilleure appréhension de ce contexte nécessite de facto une compréhension de la mise en place du droit écrit en relation avec le droit coutumier émanant d'une ancienne organisation socio-spatiale complexe.

Le droit de propriété sur les terrains forestiers au Maroc comporte deux composantes. La première est inhérente au droit du sol (foncier) et la seconde correspond à l'usufruit exercé pour des usages susceptibles d'y être pratiqués. Ces derniers, liés à une communauté, furent grandement bouleversés à la suite de la domanialisation des espaces forestiers. La mise sous tutelle étatique des espaces forestiers a été adoptée pour palier l'usage anarchique des écosystèmes forestiers, tel que le présumait la colonisation française. Cette dernière avait pour ambition le contrôle des ressources naturelles et des mouvements des tribus.

Pour mieux appréhender les spécificités de la forêt marocaine et ses contraintes sociales en vue de son aménagement, la compréhension de l'évolution des droits de propriété et des maîtrises foncières s'avèrent indispensables. Ainsi, on procédera dans ce chapitre, après une brève introduction sur la forêt marocaine, à une présentation de l'évolution du concept de droit forestier pour aborder ensuite l'organisation socio-spatiale en relation avec les usages.

2.1 LA FORÊT MAROCAINE

Rappelons que les forêts naturelles marocaines faisant l'objet de gestion et d'exploitation occupent une surface de l'ordre de 5 280 000 ha dont le tiers

est constitué de forêts productives avec 81% de forêts feuillues et 19% de résineux. A cette superficie, s'ajoutent environ un million d'ha de nappes alfatières et 3 186 000 ha de formations d'acacia (AEFCS, 1996a). Les peuplements artificiels occupent près de 0,5 million d'hectares.

La figure 3 rapporte les principales formations forestières climaciques marocaines en fonction de leurs exigences pluviométriques.

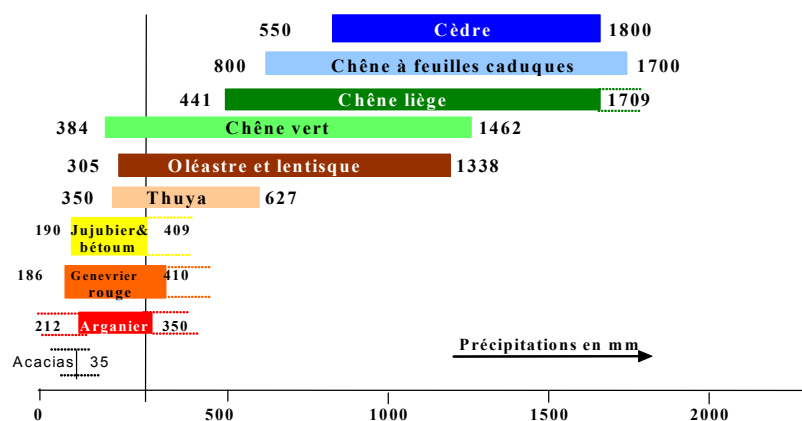


Figure 3. Exigences pluviométriques annuelles des principales espèces climaciques du Maroc d'après M'hirit (1999).

La forêt marocaine a toujours constitué un « *support extrêmement important pour l'économie rurale* » (Mounir, 2002). Ce rôle s'est accru suite à l'expansion démographique¹³, à l'évolution des besoins des populations, à l'accroissement du cheptel et de sa demande en fourrage et aux changements des rapports entre l'homme et la nature. Ces derniers émanent de l'évolution du droit de propriété sur ces espaces et des différentes mutations ayant affecté l'organisation socio-spatiale.

¹³ En 40 ans la population marocaine a presque triplé. De 11 millions en 1960, la population marocaine a atteint 26 millions en 1994 pour frôler les 30 millions en 2004 (soit 29,89 millions).

2.2 ÉVOLUTION DU DROIT DE PROPRIÉTÉ DES ESPACES BOISÉS AU MAROC

Le droit de propriété marque la limite de l'autonomie des individus dans un monde où les ressources sont rares et où s'approprier un bien reste synonyme d'interdire sa consommation par une tierce personne (Sirieux, 2003). Il n'en demeure pas moins que pour les ressources naturelles, le droit de propriété peut être grevé d'usages (Calvo-Mandieta, 2004 *in* Ismaili, 2006).

Le droit de propriété est caractérisé par son exclusivité et son caractère transférable (Montignoul, 1997). Ceci peut être décelé à travers l'analyse des origines de ce concept ou encore des attributs du concept de propriété : *usus*, *fructus* et *abusus* (FAO, 2005). Dans le droit romain, l'*usus* garanti au propriétaire l'utilisation du bien qu'il possède. Le *fructus* lui permet d'être le bénéficiaire des fruits générés par ce bien et l'*abusus* offre l'éventualité de transmettre, détruire ou vendre le bien en question (Ismaili, 2006).

Le droit de propriété au Maroc est le fruit d'une évolution historique caractérisée par quatre grandes phases. La première se rapporte à la période précédant l'Islam. La seconde à l'avènement de l'Islam. La troisième coïncide avec la période de la colonisation du pays. La dernière a vu le jour avec l'indépendance.

2.2.1 Avant l'islam

Avant l'islam c'est l'ordre tribal qui a régné. Le droit de la terre de la tribu dominante se limitait à des zones bien définies : oasis, vallées fertiles et pourtours des centres d'habitation. La terre de la tribu n'était pas définie de façon figée ; elle restait dépendante de la force militaire et de la capacité de la tribu à la mettre en valeur (Bouderbala, 1977 *in* Jennane, 1996 ; Ouahabi, 1986 *in* Benchekroun, 1988). C'est ce que certains auteurs ont désigné par le processus de légitimation locale. Les limites ont été parfois reconnues dans des traités entre tribus.

2.2.2 L'islam

L'avènement de l'islam (début du VII^{ème} siècle) a contribué à une nouvelle conception du droit foncier. Ainsi, au droit éminent du sol, se greffait le droit d'usufruit qui revient aux occupants des terrains. Le premier reste attaché à la collectivité « *ouma* » représentée par le Sultan. Dans la tradition

prophétique «*souna*», le principe de vivification¹⁴ des terres mortes constitue le principe de base d'appropriation des terrains ; il ne s'appliquait pas aux espaces forestiers du fait de leur utilité collective. Par conséquent, les usagers avaient un droit d'usufruit sur ces espaces sans pouvoir les aliéner.

2.2.3 Protectorat

Après l'installation du protectorat au Maroc en 1912, une circulaire du grand vizir a clairement statué sur l'appropriation des forêts et des terres mortes par le « *mokhzen*¹⁵ ». Elle a mis fin au principe de vivification des terres (Boulhoul, 1952 in Bencheikroun, 1988). Après avoir défini la procédure légale d'immatriculation des immeubles en 1913, le pouvoir colonial a définitivement sanctionné la domanialité des forêts et des terrains boisés par le Dahir¹⁶ de 07/07/1914.

Fortement inspiré de la législation forestière algérienne, les textes forestiers marocains ont vu le jour le 10/10/1917. Ils ont été réalisés avec un souci de souplesse comparativement à ceux d'Algérie et ont reconnu le droit d'usage au profit des populations locales.

La domanialisation a permis aux autorités coloniales de rejeter les droits fonciers coutumiers ayant prévalu antérieurement dans « *le champ subalterne des droits d'usage, catégorie résiduelle du droit de propriété du code civil* » (Karsenty, 1999). Cette domanialisation n'a pas été acceptée par les populations locales. Des différends entre forestiers et populations locales ont été soulevés (Boudy, 1950) et persistent encore. Ils se manifestent par une féroce opposition des populations locales aux plantations artificielles par peur d'un empiétement de l'Etat sur les terrains collectifs utilisés.

En dépit de la reconnaissance des droits d'usage par la loi forestière, il a fallu attendre l'arrêté du 1/5/1938 pour qu'ils soient explicités de manière détaillée. Il s'agit du ramassage de bois de feu, de la cueillette des fruits, du parcours des troupeaux, de la coupe de bois de chauffage, de charbonnage

¹⁴ L'appropriation de terrains vacants intervient suite à leurs mises en culture.

¹⁵ « *Terme désignant en arabe un entrepôt fermé et fortifié, il a été utilisé pour désigner l'appareil étatique. Actuellement, son utilisation réfère aux aspects traditionnels du fonctionnement de l'État marocain* » (<http://fr.wikipedia.org/wiki/Makhzen>).

¹⁶ Constitue un arrêté royal.

et de service, la coupe de branchage pour la clôture et de l'enlèvement de la terre, du sable et de la pierre.

L'application de la loi forestière a reposé sur l'installation d'une administration fortement centralisée et autoritaire ayant recours à la force militaire pour l'application des décisions. Ceci a conduit à une exclusion des populations locales, à les rendre passives et à les désintéresser de la gestion des espaces forestiers. Ces populations qui ont de fortes traditions pastorales, se sont vues refoulées vers des régions plus éloignées, moins forestières et généralement plus pauvres. Ceci a conduit progressivement à un changement et à une réadaptation des pratiques locales d'utilisation de l'espace.

2.2.4 Indépendance

Après la proclamation de l'indépendance du Maroc en 1956, les mêmes textes législatifs ont été conservés en dépit d'une reconnaissance que « *la réglementation des pâturages dans les forêts et leur exploitation était injuste* » (Hajjaji, 1977 in Bencheikroun, 1988). Pour contrecarrer cette situation, des ristournes progressives au profit de communautés locales¹⁷ ont été instaurées. Ces ristournes avaient un taux variable. Il a fallu attendre 1976 (année de promulgation du Dahir 20/9/1976 relatif à l'organisation de la participation des populations locales au développement de l'économie forestière) pour que les recettes forestières soient versées au profit des communes locales. Ces dernières peuvent en disposer dans le cadre de l'exercice de leurs actions à l'exception d'un minimum de 20% qui doit, en principe, être réinvesti dans la réalisation de projets spécifiques à l'aménagement des espaces boisés tel que : les reboisements des terrains collectifs, l'amélioration sylvopastorale, l'aménagement des plantations forestières, le captage des sources et l'aménagement de points d'eaux, l'aménagement d'abris collectifs de troupeaux ou de chemins, la création d'espaces verts et la protection des sites naturels. Toutefois, ce minimum de 20 %, censé être réinvesti dans le domaine forestier par les communes rurales, n'a jamais été atteint ; les estimations au niveau national rapportent un chiffre moyen oscillant entre 5 et 8% avec un maximum de 13 %. Cette situation associée à l'absence d'autres ressources financières utilisables par les communes locales, poussent celles-ci à demander davantage d'exploitations forestières pour compléter leur budget de fonctionnement.

¹⁷ Il s'agit ici de la commune rurale au sens administratif et non pas de la collectivité traditionnelle. Ces dernières ne sont pas reconnues légalement.

Ceci est accompagné par de faibles réinvestissements dans le secteur forestier.

Dans ce contexte, la population locale ne perçoit pas de manière palpable les recettes forestières ; ces dernières sont souvent utilisées à d'autres fins, comme des crédits de fonctionnement des communes rurales. Ceci accroît la frustration des populations locales pauvres et conduit à leur désobéissance aux prescriptions des forestiers (traduite par des actions de délinquance en forêt).

La réussite des travaux de régénération et de reboisement des peuplements forestiers au Maroc est tributaire du respect de l'interdiction de la vaine pâture dans ces périmètres. En effet, la forte pression pastorale, décrite comme étant la « *maladie du mouton* » infestant les forêts marocaines (Tarrier et Delacre, 2007), condamne leur réussite. Cependant et en dépit de la mise en place de clôtures en fil barbelé, les populations locales transgressent les mises en défens. Les problèmes sociaux s'avèrent cruciaux et pèsent sur le devenir de la forêt. De même, l'approche répressive largement adoptée par l'administration a montré ses limites. Soucieuse, de cette situation alarmante, l'administration forestière a proposé un texte qui fut adopté en 1999. Ce texte cherche à apporter une solution viable à ce problème à travers l'instauration d'un fond pour la compensation des populations locales au titre des mises en défens réalisées dans leurs terroirs. Cependant et jusqu'à nos jours ce texte rencontre certaines difficultés d'application (périmètres à mettre en défens de plus de 300 ha, un seul interlocuteur de l'administration : association faisant l'unanimité auprès des usagers et apte à imposer le respect des mises en défens). Au Moyen Atlas et jusqu'au début de l'année 2008, ce texte n'a pas été appliqué. Parmi les raisons évoquées figure : les montants envisagés (240 Dhs/ha), la difficulté d'arrêter de façon objective les critères de définition des ayants droit et surtout l'absence de climat de confiance entre ces usagers et l'administration. Soulignons que l'application des dispositions de ce texte dans d'autres contextes spatiaux (région de Taza et de Moulay Bouazza) a eu des résultats très encourageants qui se traduisent par l'adhésion de la population locale et par l'amélioration des rapports entre acteurs ainsi que par de meilleurs taux de réussite des opérations de régénération.

2.3 ORGANISATION SOCIO-SPATIALE

Dans le contexte marocain, les « espaces » ont constitué un support aux pratiques ancestrales. Ils se sont organisés en « unités socio-spatiales » autour desquelles se sont développées des règles d'usage adaptées aux conditions du milieu. En vue de mieux appréhender ces formes

traditionnelles et leurs apports dans la gestion de biens collectifs, en l'occurrence les espaces forestiers, on s'intéressera aux unités socio-spatiales, aux aspects socio-organisationnels développés ainsi qu'aux règles d'appropriation. Cette analyse se basera sur le contexte spatial de référence du Moyen Atlas.

2.3.1 Unités « socio-spatiales »

L'organisation sociale des populations peut être liée à un espace ou une terre continue ou discontinue. Elle possède des niveaux sociaux d'utilisation différenciés, des règles et des conventions collectives d'utilisation des ressources naturelles disponibles dans ces espaces (eaux, parcours, forêts ...etc.).

L'organisation sociale se base sur les droits et des obligations liées à la parenté, au voisinage, à l'entretien des édifices communautaires et à la conduite des manifestations officielles du groupe (Anonyme, 2005). Ces principes sont bien établis et portent sur l'ethnicité, la territorialité et la complémentarité de l'utilisation de l'espace (Le Coz, 1990). Pour mieux les comprendre, on présentera la segmentation des populations, puis on étayera les éléments de territorialisation de la société et enfin on discutera les différentes règles d'usage des ressources communautaires.

2.3.1.1 Segmentation de la société

On comprendra la segmentation comme étant un emboîtement d'entités sociales ayant comme dénominateur commun le lien patriarcal. Nous ne présenterons pas les débats portant sur les tenants de la théorie¹⁸. On s'intéressera plutôt à sa présentation au sens de Gellner ou encore à celui du structuralisme sociologique (Roberts, 2002) ou en tant qu'idéologie organisationnelle (Salzman, 1978 *in* Krauss, 1998). L'aspect institutionnel de cette segmentation sera exposé plus loin lors de la présentation de l'organe *Jemâa*.

Dans le contexte local, la société est organisée en cinq à six niveaux : le foyer, le lignage, le douar, la tribu et la fraction et la confédération de tribus (figure 4).

¹⁸ Voir Gellner (2003), Munson (1989) ou encore Munson (1993).

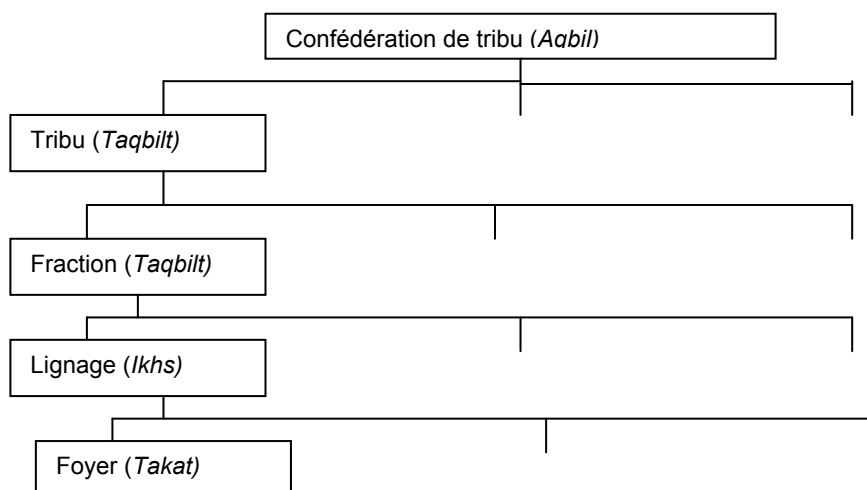


Figure 44. Segmentation de la société traditionnelle

L'unité de base sur laquelle repose la vie de l'individu est la famille étroite (foyer). Celle-ci peut être désignée par plusieurs vocables : "*takat*", terme berbère qui désigne la tente et évoquant la tradition pastorale ou encore "*khaïma*" en arabe. Cette unité s'insère dans une famille large, la famille patriarcale. Depuis un certain temps ces familles patriarcales éclatent mais il n'est pas rare d'en encore rencontrer des ménages très étendus.

Plusieurs familles étroites ou patriarcales constituent le lignage, "*Ikhs*" en berbère ou "*Adem*" en arabe. Le lignage est formé d'un ensemble de parents issus d'une souche mère commune. Cependant, certains lignages comportent des intrus "naturalisés". Le lignage joue un rôle organisationnel assez important surtout au niveau des tours d'eau et de la dîme du "*fquih*"¹⁹, ...etc. A ce titre il a été qualifié comme étant le « *niveau du partage de la charge collective* » (Anonyme, 2005).

Plusieurs lignages (trois ou quatre) "*Ikhsan*" ou "*Adam*" ayant le même voisinage forment un douar. Ce dernier constitue le cadre de vie d'une population locale sédentarisée. Cette entité socio-économique constitue une véritable communauté villageoise. Le douar est l'espace adéquat pour la mise en œuvre d'actions de développement et d'infrastructures sociales.

¹⁹ C'est à la fois Imam du village et maître de l'école coranique.

Plusieurs lignages peuvent être groupés en une fraction de tribu appelée "*ferqa*" ou "*fekhda*" ou "*taqbilt*". Ces entités restent toujours organisées selon des liens de parentés et ont une idéologie sociale basée sur la solidarité. Cette dernière se manifeste avec plus d'acuité en allant vers les entités élémentaires (fraction, lignage et famille). De même que les liens deviennent de plus en plus lâches en remontant cette hiérarchie sociale. Lors de la délimitation forestière, le niveau de la fraction a été retenu pour la définition des parcs d'usagers.

Au niveau de la tribu, l'union est souvent sporadique et se manifeste en cas de menace de l'intégrité territoriale du groupement. Le rôle de la tribu, si elle en garde encore, se limite à la gestion des parcours et des mouvements de transhumance. Elle est aussi évoquée à l'occasion des législatives ; l'appartenance tribale est prépondérante.

Le niveau hiérarchique supérieur de la pyramide est formé par la confédération de tribus, dite "*aqbil*".

A tous les niveaux, du lignage, douar, fraction, tribu ou de la confédération de tribus, les groupements humains revendiquent l'appartenance à une ascendance patrilinéaire commune. Seuls les lignages peuvent prétendre à l'unité ethnique relative. En effet, il n'est pas rare de rencontrer des intrus au sein d'un groupement social. L'incorporation au lignage se faisait, pour les individus, par le sang : procédé dit "*Tirhers*" ou "*Dabiha*" signifiant sacrifice en arabe, ou par le lait : l'adoption "*Irbiben*" (Gélard, 2004).

2.3.1.2 Éléments de territorialisation

Les unités sociales énumérées peuvent être divisées en unités territoriales et unités ethniques. Le finage représente une entité territoriale sur laquelle un groupe humain exerce sa juridiction. Ce concept est solidement enraciné dans la vie des communautés rurales de la zone. En effet, tous les niveaux de la stratification précitée du village à la confédération de tribus disposent d'un territoire dont les limites sont plus ou moins précises. La fonction essentielle de cet espace « *se résumait à son aptitude à offrir aux troupes, tout au long de l'année, des pâturages et des sources d'abreuvement nécessaires* » (Jennane, 1996). Les "frontières", parfois contestées, se rapportent à des lieux dits ; cela peut donner lieu à des affrontements entre groupes sociaux.

Les finages des tribaux berbères s'étalaient généralement sur de vastes territoires complémentaires composés de terroirs étagés et disposés transversalement par rapport aux reliefs montagneux (altitude, figure 5). Cette disposition permet au groupe social de tirer parti de la

complémentarité de production des terroirs. Le premier terroir, appelé "Azaghar", est constitué de parcours d'hiver et de terrains de culture situés dans les plaines ; le second est composé par des parcours de plateaux intermédiaires et le troisième, "Jbel" ou "Adrar", est situé en altitude et comprend les parcours d'été.

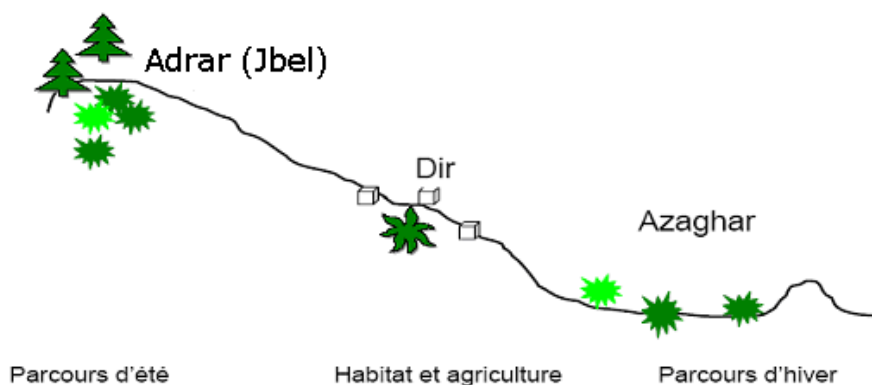


Figure 5. Exploitation complémentaire de l'espace par la société locale d'après Bekkari (2005)

Chaque groupement (douar) s'identifie à une circonscription territoriale, le finage. Il dispose d'espaces exclusifs constitués de trois terroirs contigus :

- Un espace habité réservé aux divers établissements humains, équipements collectifs et futures extensions des habitations.
- Des terres de culture servant de support à une agriculture vivrière.
- Des terrains de parcours s'insérant dans le cadre du domaine collectif ou du domaine forestier.

Les finages des douars s'intègrent aux finages globaux sur lesquels une communauté plus vaste (fraction) exerce des droits. Ces « espaces inter villageois » constituent des espaces mobilisateurs. Les différents aspects relatifs à l'action collective définissent en effet le niveau de fonctionnalité des groupes en milieu rural (Anonyme, 2005).

2.3.1.3 La « Jemâa » ou Assemblée

Avant le protectorat français sur le Maroc, la gestion communautaire des affaires politiques, sociales et économiques revenait à la *Jemâa* ou assemblée. Cette dernière était constituée de représentants du groupe. Chaque unité d'organisation possédait sa *Jemâa* : *Jemâa* de tribu, de fraction, parfois même de douar ou de lignage. La *Jemâa* des villages est composée des représentants des lignages.

Les prérogatives de la *Jemâa* étaient très larges. Elle constituait à la fois un organe législatif et exécutif, rendant justice et sanctionnant les délits. Elle peut désigner un délégué « *Naïb* » ou « *Amghar* » chargé de veiller au bon déroulement des pratiques et à l'exécution des sanctions des infractions. Le rôle de cette institution était capital dans l'organisation et la gestion des ressources communautaires en particulier l'eau et les parcours (Chiche, 1999).

Après la colonisation et la mise en place d'organes administratifs, la *Jemâa* s'est vidée de son sens et s'est réduite à un organe désuet et sans existence légale. La commune administrative a remplacé la *Jemâa* tribale. Cette dernière a disparu de la carte administrative et elle n'est reconnue que si elle dispose d'un terrain collectif (Kraus, 1998). A cet égard, soulignons que même le texte relatif à l'organisation de la participation des populations locales au développement de l'économie forestière (Dahir du 20/9/1976) a ignoré la place de ces institutions traditionnelles et a renforcé l'entité administrative (commune rurale).

L'effondrement du système tribal ancien s'est accompagné d'une dissolution progressive des liens sociaux autrefois très serrés. Les familles patriarcales éclatent et l'intérêt commun prime moins face à un individualisme de plus en plus fort. Une telle situation est qualifiée par Auclair (1996) de « *crise d'identité spatio-culturelle* ».

Bien que les *Jemâa* de tribus ou de confédérations de tribus n'existent plus ou du moins ne sont pas officiellement reconnues, on assiste épisodiquement à la mobilisation spontanée des populations chaque fois que les intérêts de la communauté sont remis en cause. Le sentiment tribal persiste encore et les survivances de l'ancien système d'organisation socio-spatiale se manifestent toujours. En effet, dans les villes créées au début du siècle dernier à proximité des zones à fortes traditions pastorales, les populations s'identifient toujours à leur origine tribale. Les noms de familles le reflètent. Ces familles, à travers la possession de biens (terre ou bétail) gérés par un des membres de la famille encore sur place, gardent des attaches au douar d'origine (Bourqia, 1990).

2.3.2 Appropriation et règles d'usage

2.3.2.1 *Appropriation et maîtrises*

L'appropriation des ressources naturelles constitue une projection des structures sociales sur l'espace (Auclair, 1996). Elle comporte deux éléments : le premier se rapporte au sol et le second aux usages. La compréhension des interrelations entre ces deux composants peut être

approchée à travers le recours à la théorie des maîtrises foncières (Le Roy et al., 1996).

Dans un contexte où les droits fonciers dépendaient davantage des rapports sociaux et non politiques et que l'individu ne doit ses droits qu'à son intégration dans le groupe, « *le droit de jouissance de la terre constitue un attribut de la personne et non pas un droit réel* ». En effet, ce droit s'exprime dans le cadre d'une communauté lignagère. Cette conception émane du fait que « *l'individu isolé n'a pas d'existence juridique car il ne correspond à aucune réalité sociale* » (Barrière, 1996).

Barrière (1996) fait état de deux sortes de droits. Le droit foncier intéresse le sol, et le « *droit foncier-environnement* » concerne, en plus, les éléments qui s'y rattachent (ressources). Le dernier peut faire l'objet à la fois de « *maîtrises foncières et fruitières* » (Karsenty, 1999). S'agissant de ressources ou d'espaces, diverses maîtrises peuvent être décrites. Elles seront minimales ou exclusives dans le cas d'espaces et prioritaires ou spécialisées dans le cas des ressources (figure 6).

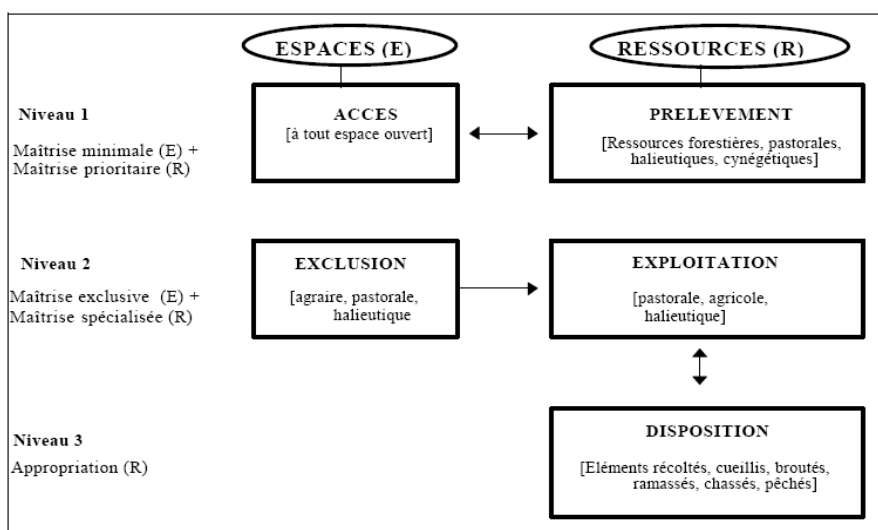


Figure 6. Droits corrélés aux espaces et aux ressources naturelles d'après Barrière (1999)

Les liens entre les différentes ressources, droit d'accès, modes de gestion des espaces forestiers et péri-forestiers et maîtrises développées dans le contexte du Moyen Atlas sont présentés de façon synthétique dans la matrice suivante (tableau 1).

Les terrains forestiers font partie du domaine forestier. Ils sont le lieu d'exercice des droits d'usage reconnus aux populations locales ; ils font donc l'objet d'une maîtrise spécialisée. *L'azaghar* constitue un espace de piémont de statut collectif. Il est souvent partagé entre individu des collectivités, il supporte l'agriculture, et il fait l'objet d'une maîtrise spécialisée. Quant au *Dir* et selon les ressources en jeu, il peut faire l'objet d'une maîtrise spécialisée ou exclusive.

Les ressources communes peuvent faire également l'objet de diverses utilisations par d'autres types d'acteurs notamment pour la chasse, la pêche et l'écotourisme. En fonction des spécificités des finages concernés, les usages peuvent changer.

Tableau 1. Modes de gestion et d'exploitation des ressources naturelles à l'échelle locale adaptés et complétés d'après Bekkari (2005)

	Dir (Piémont)		Jbel (Montagne)				Azaghar (Plaine)	
Espace	Agricole		Pastoral			Forestier		Agricole
Domaine	Privé		Collectif			Etatique		Collectif partagé
Ressource	Terres agricoles	Eau d'irrigation	Ressources pastorales	Eau d'abreuvement	Plantes aromatiques et médicinales (PAM)	Ressources forestières	Ressources pastorales	Terres agricoles et friches
Usage	Agriculture et élevage		Elevage, collecte des PAM			Elevage, collecte des PAM, ramassage du bois mort gisant et exploitation forestière		Agriculture et élevage
Accès	Ayants droit		Ayants droit (les hommes) Usager (autorisé), non ayants droit			Exploitant forestier (autorisé) Population locale (délinquance)	Riverains (ayants droit)	Ayants droit
Exploitation	Directe	Directe ou indirecte (location)	Directe	Directe	Directe	Etat Délinquants	Ayants droit	Directe, association
Gestion	Directe	Jemâa AUEA	Le Naïb (Tutelle de l'Etat)	-	-	Etat	Sous tutelle de l'Etat	
Aliénation	Oui	Oui	Non			-	-	Oui
Maîtrise	Exclusive	Spécialisée	Prioritaire			Spécialisée	Prioritaire	Spécialisée

2.3.2.2 Les règles d'usage

Les populations du Moyen Atlas ayant de fortes traditions pastorales, avaient développé des règles multiples pour une gestion cohérente et durable des ressources communes. Elles ont ainsi fait « *preuve d'une richesse et d'une inventivité* » pour faire face aux conditions du milieu (Bourbouze, 1999). Cette gestion a été qualifiée de solidaire et adaptée à un milieu social complexe (Bourbouze et Gibon, 1999).

En fonction du type de ressources, des règles d'usage adaptées ont été développées. Elles concernaient la gestion des terrains collectifs, de l'eau et des espaces pastoraux. Les règles les plus élaborées dans la zone concernaient la gestion des parcours. Les terrains sont subdivisés conformément aux éléments de territorialisation étayés précédemment. L'eau d'irrigation est gérée par "*Amghar*", la répartition des tours d'eau "*Lafçal N'ouamane*" se font par "*Nouba*" ou "*Tiremt*" (tour) et dépendent des superficies des propriétés à irriguer. Les terroirs pastoraux, ayant des limites connues de tous, se rapportent aux différents niveaux de la segmentation de la société locale. Ils sont de statut collectif ou du domaine forestier.

L'accès aux différentes ressources n'est autorisé que pour les ayants droit. L'appartenance à ce groupe (d'ayants droit) est automatique si elle est lignagère ou qu'elle suit un long processus d'assimilation et d'intégration qui dépend du poids social et de l'importance du groupe (Bourbouze, 1999). Ce processus d'intégration peut être révocable dans le futur et donner lieu à des conflits ; c'est le cas au Moyen Atlas des bergers venus de la Moulouya dans les années 1950 (Bourbouze, 1999) ou des Aït Khaoua (Bekkari, 2005).

L'instance de décision *Jemâa* se basait sur une multiplicité de règles inspirées du droit coutumier « *Ôrf* » et marquées par leur souplesse. Les restrictions sont les plus prisées et constituent un substituant « *socialement acceptable* » par rapport aux interdictions (Bourbouze, 2000). L'institution de l'*Agdal* -pluriel "*Igoudlen*"- édifiait une règle de base visant la gestion durable des ressources pastorales.

Les restrictions portaient sur le droit de construction des abris, de mise en culture, de prendre des animaux en association, sur le type d'animaux à mettre sur le parcours ainsi que sur la durée de parcours autorisée.

L'*Agdal* consiste à mettre en défens au printemps ou au début de l'été une zone bien délimitée du parcours et ce dans sa partie la plus productive (Bourbouze, 1999). Ce principe constitue un pré-requis à une gestion

durable des parcours. Il favorise leur reconstitution en assurant aussi bien la floraison des plantes que l'accumulation de la biomasse végétale utilisable à l'ouverture des parcours. L'ouverture et la fermeture des *Agdals* se faisaient à des dates convenues par la coutume. En fonction de l'état des ressources et en cas de demandes émanant de l'une des parties prenantes, des modifications de ces dates peuvent avoir lieu. La surveillance des *Agdals* est assurée par des gardiens payés par la communauté des éleveurs²⁰ et chargés d'identifier l'identité des délinquants.

Comme il a été rapporté par Bourbouze (1999), dans certaines zones du Maroc et plus particulièrement dans le Haut Atlas oriental, des « *Agdals combinés* » ou encore rotatifs ont été pratiqués. Les parcours sont subdivisés en une sorte d'assolement. La détermination de l'*Agdal* en cours se fait de façon aléatoire chaque année. Cette mise en œuvre reste très intéressante à analyser dans la mesure où elle peut être appréhendée comme un « *plan pastoral rationnel* ». Elle évite les empiètements sur les terrains et les tentatives d'appropriation individuelle par des membres de la collectivité.

La non observation des règles d'usage peut être tolérée, sanctionnée ou parfois même combattue. Elle est tolérée si elle ne dépasse pas un certain laps de temps (une journée) et donne lieu, le cas échéant, au sacrifice d'un mouton, un repas collectif ou au paiement d'une amende à la collectivité si le délinquant est de la même tribu. Elle peut être combattue dans le cas où elle est perpétrée par des étrangers. Ces derniers jouissent des servitudes de passage ou d'abreuvement (Dabancens, 1955 *in* Jennane, 1996) et bénéficient par conséquent d'une attitude bienveillante et accueillante.

Ces organisations coutumières visent à gérer équitablement des ressources collectives. Cependant, l'analyse des tendances récentes laisse prévaloir le développement de stratégies vigoureuses qui peuvent être aussi bien individuelle que de lignage ou de groupe et qui instaurent des inégalités importantes. En effet, la non limitation de la taille des troupeaux, la prise d'animaux en association et les pratiques spéculatives d'engraissement rapide sur les *Agdals* les plus accessibles par les gros éleveurs constituent la consécration de ces stratégies (Bourbouze et Gibon, 1999). Ceci peut être qualifié par non pas « *la mise en valeur en commun de ressources collectives mais le contrôle de la concurrence pour leur usage individuel* » (Chiche, 1992). Le point extrême de la tendance est la recherche

²⁰ Pour de plus amples informations sur les modalités d'accès et d'organisation des parcours collectifs se référer à : Bourbouze, 1999 ; Bourbouze et Gibon, 1999 ; Mahdi, 1993 ; Mahdi, 1997.

individuelle d'appropriation de terrains à travers la multiplication des bergeries individuelles ou « *Azib* » ou par la mise en culture des terrains collectifs. Le paiement de l'amende pour cet empiètement pourrait même les induire en erreur et prendre, à leurs yeux, valeur de reconnaissance de la part de la collectivité (Bourbouze, 1999).

2.4 SYNTHÈSE

Le droit de propriété au Maroc est le fruit d'une évolution historique. Toutefois, il fut profondément bouleversé par le passage du droit coutumier à un droit écrit. Ce dernier a induit une « *crise de domanialité* » (Karsenty, 1999 ; Karsenty, 2005). La domanialisation, pratiquée dans une perspective d'appropriation par l'état des terrains vacants et des espaces boisés, a été caractérisée par son caractère *totalitaire* ou encore basé sur la présomption en absence de procédures de constitution conformes à un état de droit. Dans un espace où le sol n'a pas été considéré comme un objet prioritaire de maîtrise mais plutôt le support d'autres activités, la domanialisation a conduit à un bouleversement profond des pratiques des acteurs et à une rupture des complémentarités.

2.4.1 Rupture des équilibres

La prospérité des populations du Moyen Atlas a été « *conçue dans le cadre de la complémentarité des ressources à savoir : pastoralisme, activité agricole, exploitation forestière, cueillettes, échanges commerciaux, ...etc.* ». Cet équilibre fut bouleversé au début du XX^{ème} siècle avec le protectorat. Le colonisateur français, face à la résistance acharnée des montagnards et par le biais de l'arsenal juridique qu'il avait décrété, a détruit les bases de la pratique de transhumance surtout après le placement de l'*Azaghar* et des bas pays sous le contrôle des bureaux de renseignement. Les tribus se sont réfugiées dans les montagnes et ont renoncé à leurs pâturages d'hiver. Au lendemain de la pacification et même après l'instauration des cahiers de transhumance et l'autorisation des déplacements des troupeaux par le colonisateur, cette activité s'est réduite désormais à un simple déplacement de bergers et des troupeaux.

La colonisation, par le biais du redécoupage de l'espace pastoral, l'extension des cultures aux dépens des parcours, la domanialisation des forêts, la mise sous tutelle étatique des terres collectives (tout en reconnaissant la propriété foncière aux collectivités locales) et la colonisation privée des terres, a initié de fortes mutations dans les processus locaux de gestion de l'espace et dans la conduite des troupeaux. Ces mutations furent accélérées par les changements économiques survenus au début du siècle dernier.

La modification du statut foncier des forêts et l'éclatement de l'unité ethnique de l'espace tribal ont conduit à la rupture des anciennes complémentarités et ont ouvert une course saccadée vers l'appropriation privée des terrains et à une décollectivatisation systématique de la vie économique et sociale des tribus (Jennane, 1986). La forêt comme ressource commune et espace d'exercice de parcours a ainsi été grandement affectée par ces mutations des unités socio-spatiales.

2.4.2 Leçons à tirer

En matière de gestion des ressources communes, deux approches peuvent être présentées. Une première privilégie l'appropriation individuelle en suivant le modèle de Hardin²¹ ; ce modèle fut privilégié en Tunisie. Une seconde reconnaît l'apport des organisations traditionnelles dans la gestion des biens collectifs. Dans ce qui suit, on s'intéressera à cette dernière pour pouvoir en tirer les leçons.

Dans son analyse d'un contexte semblable, Auclair (1996) souligne que la dégradation des ressources n'est pas une conséquence directe de leur appropriation communautaire par les populations locales mais d'un processus de transformation historique caractérisé par une désagrégation des formes de régulation communautaire. Certes, plusieurs facteurs ont contribué à accélérer la rupture des anciens équilibres du système pastoral et ont vidé l'institution traditionnelle *Jemâa* de son sens. Néanmoins, les principes régissant l'action des institutions tribales resteront d'un apport certain pour toute réflexion sur l'organisation de la population locale pour une gestion durable des ressources naturelles. « *La diversité des structures locales dans le Moyen Atlas et leurs processus d'évolutions ainsi que les risques d'échecs guettant tout projet d'aménagement qui ne prend pas en considération la nature différenciée de ces processus et les blocages que leur destruction hasardeuse pourrait provoquer* » (Jennane, 1990). Ce qui impose de prendre en considération ces composantes dans tout processus d'aménagement de territoire.

Ainsi, le développement forestier pourra être conçu en se fondant sur une stratégie basée sur l'identification des ayants droit, des territoires ainsi

²¹ Le concept de propriété commune élaboré par Hardin oriente la gestion communautaire des ressources vers la fatalité de la surexploitation en raison du libre-accès et de l'absence d'une appropriation individuelle. Ceci trouve ses fondements dans l'égoïsme individuel des utilisateurs qui chercheront à maximiser à court terme leurs gains.

qu'une reconnaissance des institutions communautaires (McKean, 2000). Auclair (1996) rapporte (d'après Mathieu, 1991) les bases suivantes :

- ✓ Reconnaissance institutionnelle des communautés et réflexion sur leur inclusion dans le cadre socio-politique de la commune rurale.
- ✓ Privilégier la vision des acteurs locaux et non pas la seule approche techniciste.
- ✓ Clarification des droits fonciers et sécurisation des utilisateurs concernant les bénéfices de la gestion forestière.

En définitive la quête de la conservation des ressources communes passe par une responsabilisation des acteurs locaux. Elle doit se faire à travers une réappropriation des ressources ; une telle mise en œuvre nécessite inéluctablement une profonde réflexion sur le statut du domaine forestier et des collectivités traditionnelles au Maroc.

Ainsi au vu de l'histoire et en parallèle à la finalité d'aménager la forêt, se posera la question du changement du cours de l'évolution du territoire (Zugmeyer, 2006). La vision sociale justifie de préserver les complémentarités qui ont prévalu. Ceci est d'autant plus motivé par la présence d'un contexte où la forêt n'est pas un objet indépendant, mais un élément autour duquel une construction humaine s'est organisée donnant lieu à un produit social (Bourbouze et El aich, 2000). Ce constat pourrait élargir l'emprise de l'aménagement forestier classique pour s'approcher davantage d'une restauration éco-sociétale (Cairins, 1995 *in Donadieu, 2002* ; Higgs, 1997 *in Zugmeyer, 2006*) ou encore s'étendre à une forme d'ingénierie sociale (Boutefeu, 2005).

2.5 CONCLUSION

Le Maroc dispose d'un vaste domaine forestier constituant un support à une diversité d'usages. Ces derniers, liés à une communauté sociale, héritent d'une longue histoire. Ils ont été profondément bouleversés à la suite de la mise en place d'un droit foncier écrit. Néanmoins, des leçons peuvent être tirées de l'ancienne organisation socio-spatiale ayant prévalu et de son apport dans la gestion des biens communautaires.

La perspective d'intégration des méthodes d'aide à la décision dans l'aménagement multifonctionnel des forêts au Maroc nécessite de prendre en compte les composantes sociales lors de la formulation décisionnelle de ce dernier. Ceci sera abordé après la présentation des méthodes d'aide à la décision dans le chapitre qui suit. Au vu des contraintes de l'étude, la question qui sera posée, portera sur l'adéquation entre les méthodes d'aide à la décision à choisir et la complexité du contexte marocain.

3. AIDE À LA DÉCISION

La prise de décision constitue une activité habituelle et journalière pour tout être humain. Elle constitue l'aboutissement d'un processus plus au moins formalisé d'aide à la décision. En fonction de la nature des décisions, le processus d'aide à la décision peut tenir compte de plusieurs considérations : institutionnelles, légales, organisationnelles, scientifiques, politiques, économiques, environnementales, publiques et médiatiques (André et al., 2003), d'autres à caractère éthique portant principalement sur l'honnêteté, l'équité du processus, la capacité de prévoir l'inconnu ainsi que la souplesse et la capacité de s'adapter aux changements (Saaty, 1984).

L'aide à la décision peut être appréhendée comme un processus dont la finalité est de mettre en exergue des éléments susceptibles d'éclairer le décideur. Le recours aux méthodes d'aide à la décision a l'avantage d'utiliser un langage formalisé, simple et indépendant du domaine d'application, ce qui permet de réduire les ambiguïtés liées à la communication humaine (Tsoukias, 2007 ; Tsoukias, 2008).

On s'intéressera dans ce qui suit à une présentation de l'aide à la décision. Après, une définition de celle-ci, des problématiques de décision et des principales méthodes multicritères d'aide à la décision, on passera à la méthode des scénarios qui, étant apparentée à la prospective, permet d'éclairer le décideur. Puis, la formulation décisionnelle de l'aménagement multifonctionnel des forêts sera présentée et on finira par l'état de l'art en matière d'application des méthodes d'aide à la décision en aménagement forestier.

3.1 L'AIDE A LA DECISION

3.1.1 Décision

Le mot décision prend son origine étymologique du mot latin « *decidere* » qui signifie trancher (Zoller et Beguin, 1992). Le dictionnaire Robert l'a définie comme « la fin de la délibération dans l'acte volontaire de faire ou de ne pas faire ». Schärli (1985) l'appréhende à un processus chaotique issu de nombreuses confrontations entre des systèmes de préférence de plusieurs personnes et susceptible à toute sorte d'interaction et de synergie.

Cette définition renvoie ainsi à deux aspects de cet acte. Le premier, inhérent au processus de décision (délibération, confrontation), se base sur une multiplicité de choix et est généralement imprégné d'hésitation. Le second aspect se rapporte aux personnes ou aux groupes censés émettre cette décision.

Les différentes confrontations permettant d'aboutir à la décision interviennent sous l'égide de la rationalité. Leurs modalités dépendent fortement du type de turbulence de l'environnement qui peut s'avérer stable, risqué, incertain ou stratégique (Pérez-Díaz, 2003). Ces confrontations sont fondées sur des actions de régulation compensatrices et amplificatrices propres au concept de système (Roy, 1985).

Selon l'aboutissement d'une décision trois situations peuvent être identifiées : i) le problème peut être « *resolved* » et une solution satisfaisante peut être dégagée, ii) le problème peut être « *solved* » là il s'agit d'une solution optimale émanant d'une approche scientifique et objective et iii) le problème peut être « *dissolved* » lorsque la solution optimale, en changeant l'environnement, permet d'éviter que le problème ne se reproduise dans le futur (Ackoff, 1981 in Zoller et Beguin, 1992). D'autres auteurs ont fait référence à d'autres types de décision. En fonction de la situation, les décisions peuvent être automatiques, habituelles ou urgentes (Landry, 1995). En fonction des conditions de temps et d'espace dans lesquels la décision est émise, elle peut être émergente, anticipée ou occurrente (Strategor, 1988). En fonction des résultats finaux, Goutiouni et Martel (1998) ont défini des décisions rationnelles, non rationnelles ou irrationnelles.

3.1.2 Aide à la décision

L'aide à la décision est définie comme « l'activité de celui qui, prenant appui sur des modèles clairement explicités mais non nécessairement complètement formalisés, aide à obtenir des éléments de réponses aux questions qu'il se pose en intervenant dans un processus de décision, éléments concourant à éclairer la décision et normalement à prescrire ou simplement à favoriser un comportement de nature à accroître la cohérence entre l'évolution du processus d'une part, les objectifs et le système des valeurs au service desquels cet intervenant se trouve placé d'autre part » (Roy, 1985).

L'aide à la décision cherche à éclairer le décideur et l'aide à opter pour un choix judicieux ou à favoriser des décisions rationnelles. Elle peut consister en une « *recherche de la vérité* », être utilisée comme support d'aide à la

communication et à la réflexion, comme elle peut aider le décideur à asseoir et à faire partager ses convictions (Tille, 2000).

Le processus d'aide à la décision est souvent caractérisé par une diversité d'acteurs ayant des aspirations divergentes et dont l'appréhension du problème n'est pas toujours bien explicitée. En effet, ceux-ci sont le plus souvent conscients de l'existence d'un problème mais, ils n'arrivent pas à identifier et à formuler les objectifs de l'aide à la décision (Veuve, 1994 *in* Tille, 2000). Ainsi, l'évolution du processus d'aide à la décision dépend du contexte et des objectifs qui lui ont été assignés ; soit de la problématique de décision et de la démarche opérationnelle utilisée.

3.1.3 Problématiques de décision

Les problématiques de décision correspondent à l'objet de la décision finale : le choix de la meilleure action disponible, le tri des actions, le regroupement des actions ou encore la description en vue d'aider le libre arbitrage du décideur (tableau 2).

Tableau 2. Typologie des problématiques de décision d'après Schärli (1985)

Problématique	Objectif	Résultat
A Choix, sélection	Choix d'un sous-ensemble des actions possibles aussi réduit que possible (le restreindre idéalement à une seule action) en vue d'un choix final. Ce sous-ensemble comprend les « meilleures actions » ou à défaut des actions satisfaisantes.	Un choix ou une procédure de sélection
ß Trie	Un tri ou une affectation des actions à des catégories prédéfinies. Cette affectation se base sur des comparaisons entre les actions à engager et des actions de référence. Ceci revient à séparer les bonnes actions des moins bonnes.	Un tri ou une procédure d'affectation
Γ Range-ment classement	Ordonnancement des actions en classes d'équivalences ordonnées de façon complète ou partielle conformément aux préférences des acteurs. Ici, il s'agit d'une classification des actions de la moins bonne à la meilleure.	Un rangement ou une procédure de classement
Δ Description	Une description du problème en vue de constituer un support à la communication.	Une description du problème

3.1.4 Démarche de l'aide à la décision

Le processus de décision fait intervenir plus au moins quatre phases comme illustré à la figure 7 (Keeney et al., 1993 ; Martel et Rousseau, 1993 ; Martel, 1999 ; Roy, 1985 ; Vacik et Lexer, 2001).

Les étapes d'une démarche d'aide à la décision peuvent s'inscrire dans deux grands axes. Le premier axe très délicat à conduire constitue

« l'intelligence du problème » (Martel et Rousseau, 1993) ou encore la construction du problème (Guitouni et Martel, 1998). Il permet de se faire une représentation plus adéquate de la situation de décision à éclairer ou à résoudre. Le second axe se rapporte à l'exploitation et à la détermination des éléments de réponse aux questions posées au décideur.

Ces deux axes comportent quatre étapes. Concrètement, il s'agit (1) d'inventorier l'ensemble des actions (alternatives, scénarios ou choix envisageables), (2) de déterminer ou d'élaborer la liste des critères à prendre en compte pour les classer, (3) d'évaluer la performance de chacun des scénarios par rapport à chacun des critères ou éventuellement définir une fonction d'utilité intégrant l'ensemble des critères et enfin (4) d'agrérer les performances en vue de désigner le ou les choix qui seront retenus.

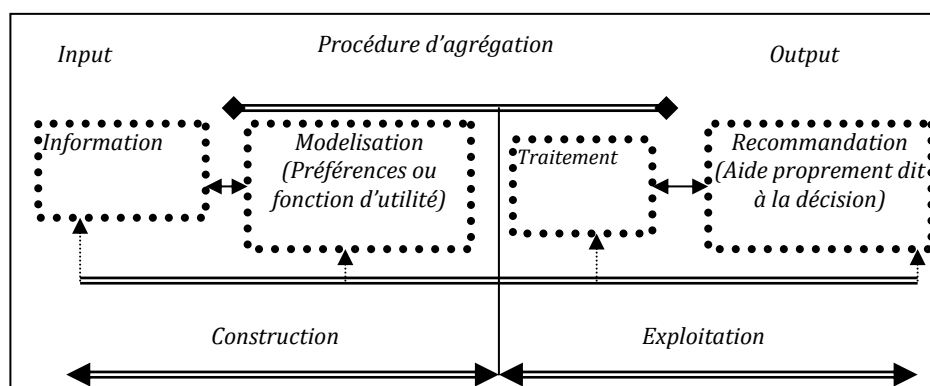


Figure 7. Schéma de l'aide à la décision d'après Guitouni et Martel (1998)

Dans cette mise en œuvre, on sous-entend par procédure d'agrégation la démarche qui, partant du problème initial, permet d'identifier la recommandation à formuler et par méthode d'agrégation, la méthode utilisée pour y parvenir.

3.1.5 Principales méthodes d'agrégation

Selon la problématique de décision posée, une ou plusieurs méthodes d'agrégation peuvent être prescrites pour aider le libre arbitrage du décideur dans le processus de décision. Ces méthodes d'agrégation peuvent être rangées de différentes manières en considérant leurs propriétés. Certaines sont fondées sur les préférences des acteurs, d'autres font recours à une

fonction numérique d'utilité²² pour appréhender les préférences ; des méthodes autorisent la compensation entre les critères, d'autres ne la tolèrent pas. Si on se réfère à la classification donnée par Roy (1985) et Schärli (1985), trois classes de méthodes ou approches opérationnelles d'agrégation des critères peuvent être citées : l'agrégation complète, partielle et locale.

3.1.5.1 Les méthodes d'agrégation complète

Les méthodes d'agrégation complète procèdent à une définition préalable d'une représentation cardinale (numérique) des préférences ou des jugements du décideur. Cette représentation peut être fondée sur une fonction économique d'utilité (le bénéfice net actualisé, les coûts... etc.). De par le caractère numérique de cette représentation de la structure des préférences, ces méthodes se basent sur la commensurabilité des jugements et tolèrent la compensation entre critères (Ben Menna, 2000).

Les méthodes d'agrégation complète sont désignées par « approche du critère unique » (Roy, 1985) ou théorie de l'utilité multi-attribut (Vincke, 1989). Elles peuvent être rangées en trois classes (Zoller et Beguin, 1992)²³ : analyse coût-avantage, théorie de l'utilité et programmation mathématique.

Parmi les méthodes apparentées à cette famille de méthodes (Ben Menna, 2000 ; Guitouni et Martel, 1998 ; Joerin, 1997 ; Martel, 1999 ; Tille, 2000) on trouve :

- Somme, produit ou moyenne des notes pondérées avec un éventuel recours à des ratios pour compenser l'importance d'un critère (cas des notes scolaires, par exemple).
- Déclassements comparés.
- Méthodes politiques (dictature : critère rédhibitoire, démocratie : majorité des voix, hiérarchie des critères).
- MAUT (théorie de l'utilité multi-attribut).
- UTA (théorie de l'utilité additive).
- SMART (Simple Multi Attribute Rating Technique).
- TOPSIS (Technique Ordered Preference by Similarity to the Ideal Solution)

²² Encore désignée par fonction économique.

²³ Cette classification n'est pas exclusive. En effet, des méthodes de la programmation mathématique peuvent se baser sur les apports des deux premières catégories.

- Analytic Hierarchy Process (AHP).
- Monétarisation (fondée sur une internalisation des coûts, des différentes aménités et valeurs non marchandes).
- Goal programming.

A ces méthodes on peut ajouter les méthodes dites « sans compensation ». Ces dernières ne tolèrent pas de « mauvaises notes » par rapport à un critère donné et une très bonne note pour les autres critères ne saura pas les palier. Cette approche consiste à éliminer successivement les actions qui ne satisfont pas aux critères ou contraintes considérés. Elles conviennent à la recherche de solutions « *techniquement possibles* » par rapport à des « *critères binaires* » avec une définition préalable d'un seuil clairement identifié. Ces méthodes ont été largement implémentées dans les Systèmes d'Information Géographique (SIG) à travers les superpositions logiques des couches. Elles ont l'avantage d'être rapides, mais on peut leur reprocher le risque d'éliminer de « *bons compromis* » sous l'effet de seuils arbitrairement définis (Joerin, 1997).

Les méthodes d'agrégation complète sont « *mathématiquement bien posées* » et sont censées choisir la solution rationnelle ou optimale (Schärlig, 1985). Cette finalité est difficile à atteindre. En effet les problèmes de décision sont souvent trop complexes et font intervenir divers acteurs dont les intérêts sont souvent contradictoires et qui n'ont pas tous une attitude rationnelle vis-à-vis d'un même problème posé (Tsoukias, 2008). Ceci peut parfois faire prévaloir la recherche de compromis sur la quête d'une optimalité fictive.

3.1.5.2 Les méthodes d'agrégation partielle

Les méthodes d'agrégation partielle, encore désignées par « *méthodes de surclassement* » (Vincke, 1989) ou encore « *approche de surclassement de synthèse n'acceptant pas l'incomparabilité* » (Maystre et al., 1994 ; Roy, 1985) procèdent par comparaison des actions ou variantes (ou encore de scénarios ou d'alternatives) pour chaque critère. La comparaison permet de relever les différentes relations de surclassement qui existent entre les actions considérées (il s'agit de relations d'indifférence, d'incomparabilité ou de préférence forte ou faible). Les relations de surclassement sont ensuite présentées sous forme d'un graphe de surclassement dont le dépouillement et l'analyse permettent de déceler la ou les actions satisfaisantes.

Ces méthodes permettent de traiter simultanément des critères de nature très différente (qualitatif, quantitatif) et tolèrent la non transitivité et l'incomparabilité des jugements et des préférences. Elles sont caractérisées par une richesse des relations de surclassement qui lient les actions entre

elles. Cependant vu les comparaisons entre paires d'actions qu'elles postulent, elles deviennent lourdes à conduire en cas d'un nombre très grand d'actions (dans le cas de n actions on sera amené à réaliser C_n^2 ou encore $(n-1) \times n$ comparaisons). Il s'impose donc de limiter ce nombre.

Parfois, les résultats issus de ces méthodes peuvent décevoir. Ceci peut émaner de l'analyse du graphe des relations de surclassement qui ne permet pas toujours de se prononcer sur la meilleure action.

Les principales méthodes relevant de cette catégorie de méthodes d'agrégation sont : ELECTRE (ELimination Et Choix Traduisant la REalité) : comprenant les méthodes ELECTRE I, ELECTRE II, ELECTRE III, ELECTRE IV, ELECTRE TRI et ELECTRE IS ; GAIA : (Geometric Analysis for Interactive Assistance) ; PROMETHEE (Préférence Ranking Organisation Method of Enrichment Evaluation) : avec deux méthodes PI et PII ; MELCHIOR ; QUALIFLEX ; ORESTO ; REGIME ; PRAGMA/MACCAP ; N-TOMIC ; MAIADE (Ben Menna, 2000 ; Zoller et Beguin, 1992 ; Martel, 1999 ; Tille, 2000).

Toutefois cette famille de méthodes d'agrégation n'est applicable qu'aux cas où le nombre de solutions efficaces à départager est connu et peu important. Ainsi, un recours à ces méthodes ne pourra pas être envisagé dans le cas d'une définition implicite²⁴ des différentes actions envisageables.

3.1.5.3 Les méthodes d'agrégation locale

Les méthodes d'agrégation locale, encore appelées "*méthodes d'agrégation interactive*" (Vincke, 1989 ; Zoller et Beguin, 1992) ou encore "*approche du jugement local interactif avec itération essais erreurs*" (Roy, 1985 ; Maystre et al., 1994) alternent des étapes de dialogue et des étapes de calcul. Ces méthodes fournissent des compromis successifs (Martel, 1999).

L'idée de base est de fixer une solution de départ aussi bonne que possible et de tenter de déterminer la meilleure solution via une exploration locale et répétitive des actions au voisinage de celle-ci. Une fois la meilleure solution trouvée, celle-ci va constituer la nouvelle solution de départ et on procède à une nouvelle itération et ainsi de suite. À l'issue de chaque itération une nouvelle proposition est soumise au décideur. Ce dernier va amender la décision par le biais des remarques et avis qu'il émet ; ainsi, d'autres actions

²⁴ Encore désignée par une définition par compréhension (Vincke, 1989).

verront le jour et une nouvelle itération sera abordée. Une fois le décideur satisfait, le processus s'arrête (Ben Menna, 2000).

Ces méthodes incarnent l'idée du processus d'apprentissage « autour de la table » où divers acteurs et décideurs réagissent à des solutions suggérées et révèlent progressivement leurs préférences. C'est un exercice difficile, complexe et mobilisateur²⁵ (Vincke, 1976 in Zoller et Beguin, 1992).

Parmi les méthodes affiliées à cette famille on peut citer : programmation linéaire multicritère (PLM) ; STEM (POP) ; UTA interactive (c'est une variante interactive du Goal programming) ; PREFCALC (Ben Menna, 2000 ; Maystre et al., 1994 ; Schärli, 1985).

Les méthodes interactives sont destinées aux cas embrouillés où le nombre de solutions possibles est grand et inconnu. Elles consistent à tenter d'éclairer progressivement l'objet de la décision par le dialogue avec le décideur. Toutefois, leur conduite et leur mise en œuvre peuvent poser des problèmes dont la résolution nécessite une certaine disponibilité du gestionnaire et doit se baser sur une intégration effective et sur un dialogue continu avec les différents partenaires. Pour ce faire, la théorie du choix social (Munda, 2003) pourrait s'avérer d'un excellent apport.

3.1.5.4 Synthèse

Les principales caractéristiques des méthodes multicritères d'aide à la décision sont synthétisées dans le tableau suivant.

²⁵ Joerin (1997) met en garde qu'en cas de multiplicité d'acteurs ou de décideurs, ces méthodes peuvent poser des problèmes. Ces derniers sont dus essentiellement à l'expression implicite des préférences d'une part et à l'absence d'un cadre de négociation d'autre part. Ainsi des conflits peuvent surgir à chaque itération et on peut assister à une certaine méfiance voir même un baffouement de l'évolution du processus de décision.

Tableau 3. Synthèse des caractéristiques des principales méthodes d'agrégation complète et partielle d'après Guitouni et Martel (1998)

Méthode	Relations ²⁶ (Surclas.)	Ordre	Compe- nsation	Hypoth- èses ²⁷	Traitement	Poids des critères
Méthodes d'agrégation complètes						
Poids et somme pondérés	P, I	Préordre total	Totale	I,C,T,D	Sommation	Absolu
Maximisation (GP)	P,I	Idem	Non	I,C,T,D	Max ou Min	Absolu
UTA	P, I	Idem	Partielle	I,T,D	Idem	Absolu
SMART	P, I	Idem	Partielle	I,C,T,D	Sommation (valeur)	Absolu
MAUT	P, I	Idem	Partielle	I,T,D	Somm. Ou Mult (utilité)	Absolu
Les méthodes d'agrégation partielle						
Electre I	S,R	Noyau	Partielle	I,Coal	Théorie des graphes (noyau)	Absolu
Electre II	SF,Sf,R	Semi ordre partiel	Partielle	I,Coal	Théorie des graphes (distillation)	Absolu
Electre III	S, R	Idem	Partielle	I,Coal	Idem	Non Absolu
Electre IV	S ¹ ,S ² ,S ³ S ⁴ ,S ⁵ , R	Préordre partiel	Partielle	I,Coal	Idem	Non Absolu
Electre IS	S, R	Semi ordre partiel	Partielle	I,Coal	Théorie des graphes (noyau)	Non Absolu
Electre TRI	S, R	Intervalles de préordre partiel	Partielle	I,Coal	Conjonction disjonction	Non Absolu
PROMETHEE I	P,I,R	Semi ordre partiel	Partielle	I,Coal	Flux entrant et sortant	Non Absolu
PROMETHEE II	P,I	Semi ordre total	Partielle	I,Coal	Idem	Non Absolu
MELCHIOR	S, R	Semi ordre Partiel	Partielle	I,Coal	Théorie des graphes	Non Absolu
QUALIFLEX	S, R	Semi ordre total	Partielle	I	Analyse de la concordance	Absolu

²⁶ P : Préférence stricte, Q : Préférence faible I : Indifférence, S : Sur classement, S^F : Sur classement fort, S_f : Sur classement faible, R :Incomparabilité.

²⁷ I : Indifférence, C : Commesurabilité, T : Transitivité, D : Dominance, Coal : coalitions.

3.2 LES SCENARIOS

Les scénarios constituent des outils incontournables pour les études prospectives. De manière globale, ils permettent de lancer une réflexion sur un futur complexe et incertain et peuvent être appréhendés comme *des récits cohérents construits sur des principes méthodiques* (Poux, 2002). Ils sont utilisés en outre pour informer des enjeux futurs, des décisions potentielles ou éventuellement de leurs conséquences (Hulme et al., 2002). *«L'objectif des bons scénarios est d'aboutir à de bonnes décisions, pas à de meilleures prévisions»* (Bell et Coudert, 2005). Selon la démarche adoptée et l'objet des scénarios, ils peuvent avoir plusieurs sens à la fois.

3.2.1 Types de scénarios

« L'un des éléments clés de la forme des scénarios est la distinction entre des descriptions synchroniques et diachroniques. Les premières sont relatives à des images, tandis que les secondes portent sur des cheminements entre deux bornes temporelles. Ces bornes définissent un horizon temporel ou encore horizon de planification » (Poux, 2002) ; telle est la base de différenciation entre les types de scénarios.

Les approches par scénarios peuvent être classées en distinguant celles basées sur les finalités ou celles basées sur les démarches. D'autres classifications peuvent prévaloir (Carter et al., 1999 ; Wittrock et al., 2005) ; Poux (2002) les a résumées, en se basant sur le fond commun (base, images, cheminement, horizon temporel), en *scénarios exploratoires* et *scénarios tendanciels*²⁸. La première famille en partant du présent consiste à envisager des projections de la base en s'appuyant sur des hypothèses relatives aux variables d'évolution en jeu. La seconde consiste à partir des images du futur pour remonter au présent en essayant de définir des cheminements plausibles. Ces derniers peuvent être construits sur base des images souhaitées ou craintes et être complétés par un scénario dit *de rupture*. Ce dernier est érigé sur la base d'un cheminement axé sur une

²⁸ Ou scénarios normatifs et exploratoires selon Berkhout et al. (2002), ou d'après Witrock et al. (2005) : scénarios analogues et synthétiques. D'autres classifications comportent entre autres des scénarios quantitatifs vs. qualitatif ; exploratoires vs. anticipatifs ; de base vs. politique (Berkhout et al., 2001 ; Berkhout et al., 2002 ; Witrock et al., 2005 ; Alcamo, 2008).

image ne s'insérant pas dans l'épure des images «*spontanément envisageables* » (Poux, 2002).

Une classification plus élargie comprend les catégories de scénarios suivantes (Wollenberg et al., 2000a ; Wollenberg et al., 2000b) :

- Scénarios de type « *vision* » : *vision partagée d'un futur commun.*
- Scénarios de type « *projection* » : *meilleures tendances pour un présent dont les traits passés sont bien connus.*
- Scénarios de type « *cheminement* » : *démarche pour parvenir à une finalité donnée.*
- Scénarios de type « *alternatives* » : *la comparaison de plusieurs options –alternatives- issues d'une autre méthode.*

3.2.2 Méthodes d'établissement des scénarios

Différentes approches peuvent être décrites pour la définition des scénarios. Elles vont des approches structurées héritières des méthodes prospectives développées par l'équipe de Godet (Godet, 1997 ; Godet, 2000 ; Godet et Roubelat, 2000 ; Godet et al., 2004 ; Godet et Durance, 2006), au recours aux experts dans un cadre plus au moins structuré comme c'est le cas de la méthode DELPHI, jusqu'aux approches basées davantage sur l'art pour leur mise en œuvre plutôt qu'à une démarche strictement bien établie. La diversité des méthodes et des résultats est considérée comme une preuve de la non stabilisation des bases méthodologiques et que le développement des scénarios relève davantage de l'art que d'une approche scientifiquement bien établie (Chermak et al., 2001 ; Schwartz, 1991 ; Mack, 2001 *in* Poux, 2002 ; Bell et Coudert, 2005).

Les approches de développement de scénario se basent sur certaines suppositions clés (Berkhout et al., 2001 ; Bell et Coudert, 2005) :

- Le futur ne peut pas être décrit en tant qu'une *persistante tendance* du passé. Il est façonné par des choix et des actions humaines.
- Le futur ne peut pas être prévu, mais exploré.
- Il n'y a pas un seul futur possible mais un ensemble de futurs possibles (scénarios) qui cherchent à explorer l'espace des possibilités.
- Le développement des scénarios fait appel aussi bien à des analyses rationnelles qu'à des jugements subjectifs. Il sous-entend la participation de plusieurs acteurs dans l'identification et l'évaluation des scénarios.

Les approches structurées pour la définition des scénarios comprennent un certain nombre de phases qui s'insèrent dans l'ensemble suivant (Schomaker, 1995) :

- *Identification des échelles.*

- Identification des acteurs.
- Détermination des tendances.
- Présentation des facteurs qui peuvent avoir des tendances incertaines –hypothèses.
- Etablissement des relations entre facteurs.
- Construction des scénarios initiaux.
- Analyse de la consistance et de la plausibilité.
- Mise en œuvre d'une stratégie d'apprentissage.
- Test de plausibilité par les acteurs.
- Identification des contraintes.
- Définition des intitulés (titres) des scénarios.
- Identification des besoins en matière de recherche.
- Choix ou développement d'une méthode multicritère d'aide à la décision (MMCAD).

En définitive, la définition des scénarios nécessite une analyse des variables qui conditionnent l'évolution du système en question. Elle nécessite aussi une analyse des différents liens entre ces variables ; tel est l'objet de l'analyse structurelle. La détermination des variables structurelles peut se baser aussi bien sur une méthode bien établie comme « Force motrice-Pression-Etat-Impact-Réponse » (Smeets et Weterings, 1999 ; Coudert et al., 2006), sur le recours aux systèmes multi-agent que sur un jugement subjectif à l'issue du diagnostic de la situation initiale. La projection des états possibles de ces variables permet de déterminer des projections possibles du système et, par conséquent, des scénarios plausibles.

3.3 FORMULATION DECISIONNELLE DE L'AMÉNAGEMENT FORESTIER

Les méthodes multicritères d'aide à la décision abordent la formulation d'un problème de décision par la définition de l'objet des décisions, des problématiques décisionnelles et par l'analyse des acteurs concernés par la mise en œuvre de la décision.

On s'intéressera dans ce qui suit à la formulation décisionnelle de l'aménagement forestier ; au cours de cet exercice, on présentera le contexte général tout en soulignant les spécificités marocaines.

3.3.1 Objet des décisions

La démarche d'aide à la décision consiste à mettre en œuvre des modèles susceptibles de simplifier la réalité et d'approcher les préférences des

acteurs. L'usage même du concept de modèles décisionnels ou modèles d'aide à la décision fait valoir une certaine distance entre réalité et modèle explicatif (Pictet, 1996).

Les différentes décisions en aménagement des forêts font intervenir d'énormes masses d'informations. Il serait ainsi illusoire de vouloir identifier manuellement toutes les actions potentielles et moins encore, d'intégrer tous les critères qui peuvent influencer le processus. L'appréciation des préférences des décideurs, s'avère également extrêmement délicate. Elles sont en effet plus complexes que les expressions qui leurs seront données à travers des critères jugés pertinents (Joerin, 1997).

La forte hiérarchie des décisions en aménagement des forêts induit une compréhension différente du terme « action ». Dans le présent contexte, elle peut être considérée de deux manières différentes : (i) en tant qu'action élémentaire d'une décision (couper, planter, ...etc.); (ii) comme une combinaison ou un ensemble d'actions élémentaires (par exemple, une alternative d'un scénario comportant les opérations suivantes : plantation, éclaircie, élagage, une première coupe et une coupe définitive...etc.). D'autres auteurs évoquent les concepts de décision globale ou de microdécisions. Pour appréhender cette dichotomie et éviter toute confusion, le concept d'action fera référence à une intervention élémentaire alors que celui d'alternative se référera à une séquence d'actions élémentaires.

Les décisions en aménagement de forêts dépendent des échelles spatio-temporelles de raisonnement. En effet, l'aménagiste procède à des analyses et à des études thématiques, puis il arrête des objectifs-décisions-. Ensuite, il définit les interventions-décisions- permettant d'atteindre les objectifs fixés.

Dans ce qui suit, on présentera les différents types de décisions et les échelles spatio-temporelles auxquelles elles s'appliquent. Ensuite on donnera une définition des problématiques de décision rencontrées en aménagement de forêt.

3.3.1.1 La hiérarchie des décisions en aménagement des forêts

L'approche la plus commune pour appréhender la complexité inhérente à la mise en œuvre de l'aménagement forestier est de le décomposer en différents niveaux hiérarchiques en faisant ressortir les échelles spatio-temporelles (Turner et al., 2002). L'intégration de ces échelles trouve son origine dans l'introduction de la théorie de la hiérarchie des écosystèmes (O'Neil et al, 1986) appliquée à l'aménagement des forêts. Selon les échelles auxquelles elles s'appliquent, les décisions de l'aménagement

forestier peuvent être classées en (tableau 4) : décisions stratégiques, tactiques et opérationnelles (Martell et al., 1998 ; Mitchell, 2004).

Le niveau stratégique porte sur des décisions à long terme, à haut niveau hiérarchique et trace un cadre guidant et orientant celles des échelles inférieures. Ce niveau définit les fonctions et les objectifs à assigner à la forêt. Il intègre des décisions ayant le potentiel de causer de grands changements incluant la demande en ressources, le volume des activités...etc. Il peut être appréhendé comme étant un niveau de la hiérarchie contraignant et cadrant les niveaux inférieurs (Bettinger et al., 2005 ; Burnett et Blaschke, 2003). Les unités spatiales d'intervention définies à ce niveau sont les types de peuplements (surfaces caractérisées par les mêmes choix sylvicoles, ayant des accroissements voisins et qui peuvent être subdivisées en classes d'âge appréciant leur maturité). Le niveau stratégique se base sur des modèles visant l'identification de décisions relatives à l'allocation des ressources et à la définition de la capacité d'expansion et susceptibles de définir la meilleure « *profitabilité d'une forêt fonctionnant parfaitement bien* » (*profitability of a well run forest*) (Mitchell, 2004).

Tableau 4. Niveaux de décision en aménagement des forêts d'après Mitchell (2004)

Caractéristiques	Stratégique	Tactique	Opérationnel
Niveau pour l'aménagement	Haut	Moyen	Bas
Niveau de détail	Très agrégé	Moyennement agrégé	Très détaillé
Source de données	Externe et interne		Interne
Risque et incertitude	Haut	Moyen	Bas
Objectifs	Ressource	Ressource et acquisitions	Exécution
Echelles spatio-temporelles	Longues	Moyennes	Courtes
Unités spatiales d'intervention	Type de peuplement	Parcelle ou compartiment	Unité d'exploitation (lot, parcelle)

Le niveau tactique porte sur la définition des actions à mettre en œuvre pour atteindre les objectifs arrêtés à haut niveau (stratégiques) et leurs modes d'exécution. Il explicite la composante spatiale. Le niveau tactique porte sur le moyen terme et peut prendre en considération des préoccupations environnementales. Les unités spatiales considérées sont les unités de gestion (parcelles). Les préoccupations environnementales prennent souvent la forme de contraintes spatiales ou d'adjacence (*green up constraint*). Celles-ci déterminent les parcelles à exploiter ou à ne pas exploiter en tenant compte : i) des parcelles avoisinantes ayant fait l'objet d'une coupe au cours des périodes antérieures, ii) de la surface maximale à exploiter, iii) de l'intervalle temporel séparant deux passages en coupe entre deux unités de gestion avoisinantes et iv) de l'avancement des travaux

d'ouverture des réseaux de desserte (Murray et Weintraub, 2002 ; Murray et al., 2004 ; Hoganson et Borges, 1998 ; Hoganson et Borges, 2000). L'identification des décisions tactiques peut se baser sur deux approches opérationnelles, soit en départageant les unités d'interventions issues des modèles stratégiques (Clutter, 1983), soit en formulant un modèle tactique qui cherche à minimiser les déviations par rapport aux résultats du modèle stratégique tout en respectant les contraintes spatiales. Le niveau tactique explicite la structure des peuplements dans les différentes unités de gestion (Bettinger et al., 2005).

Le niveau opérationnel concerne l'implémentation sur le terrain des actions définies (décisions tactiques). Il porte sur une échelle temporelle ne dépassant pas une année et concerne des unités de travail (parcelles ou lots). Il identifie les unités d'interventions qui seront concernées par les actes de gestion, le responsable de l'implémentation de ces actes, les types de produits attendus et leurs demandeurs potentiels (Mitchell, 2004).

Il faut noter que parfois l'interrelation entre les différentes décisions peut les rendre stratégiques en dépit de leurs échelles propres éventuelles. Ceci pourrait émaner de l'approche suivie lors de l'identification de ces décisions. Cette situation émerge lors du recours à une approche de type *bottom-up* consistant en l'identification des décisions tactiques et en leur agrégation pour expliciter les décisions stratégiques.

3.3.1.2 Les niveaux de décision retenus

Dans le cadre de la mise en œuvre de la présente étude, seules les décisions stratégiques et tactiques seront retenues. Vu le caractère extensif de la gestion forestière au Maroc, on ne va pas prendre en considération le niveau opérationnel (consistant en la gestion quotidienne). Toutefois, son intégration sera envisagée ultérieurement dans le cadre du développement d'un système d'aide à la décision type pour les aménagements multifonctionnels des forêts au Maroc.

3.3.1.3 Les problématiques et la nature des décisions

L'objet et les problématiques de décision en aménagement des forêts dépendent de la portée de ces dernières.

Le niveau stratégique implique un choix entre options destinées à répondre à la problématique forestière posée dans la forêt à aménager. Ce choix doit respecter les différentes orientations stratégiques du Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification (HCEFLCD). Il peut

émaner des objectifs arrêtés –quantifiables- ou se présenter sous forme d'orientations : de production, de revenus, d'offre récréative, cynégétique, piscicole ou encore de mobilisation d'une eau de bonne qualité et de protection des sols ...etc. Les variantes possibles des décisions stratégiques pourront être plus au moins explicitement définies. Par conséquent, la procédure d'agrégation entre les différentes alternatives pourra être basée sur le principe de comparaison des variantes.

Pour les niveaux tactique et opérationnel, les décisions porteront sur la réponse aux questions « que faut-il faire ? », « quand ? » et « où ? » pour garantir un compromis (le meilleur) entre les diverses fonctions de la forêt, et parvenir aux objectifs stratégiques préalablement définis. Ainsi, il s'agit de déterminer le planning des interventions à entreprendre dans chaque parcelle en tenant compte des objectifs assignés à l'écosystème forestier et des contraintes auxquelles il est soumis. Il s'agit, en effet, d'un problème d'affectation.

Dans ce contexte, les dimensions spatio-temporelles et les relations qui existent entre les multitudes d'alternatives envisageables définissent un problème combinatoire dynamique. La résolution de ce type de problèmes ne pourrait pas faire appel à la procédure qui sera utilisée pour les décisions stratégiques (i.e. comparaison des variantes). La formulation mathématique d'un modèle s'avère l'unique approche pertinente pour la détermination, après sa résolution, de l'alternative la plus satisfaisante.

La place des fonctions sociales de la forêt marocaine et la complexité des relations qui existent entre les différents acteurs, imposent la prise en considération de la composante sociale. Une telle prise en charge ne peut se faire qu'à travers une « validation sociale » ou des procédures de gestion des « parties prenantes » concernées par l'aménagement de la forêt en question.

Les dynamiques sociales caractérisant le milieu rural marocain imposent également de les intégrer dans la réflexion. Cette mise en œuvre doit être appréhendée et analysée lors de l'identification et la construction des scénarios ou alternatives d'aménagement.

3.3.2 Les acteurs et leurs rôles

Le concept d'acteur se réfère à un intervenant dans le processus de décision qui, par son système de valeurs, essaie d'influer le processus décisionnel (Roy, 1985). Plusieurs typologies furent données aux acteurs. Maystre et al. (1994) font état de quelques 8 types d'acteurs différents. Il faut noter qu'une communauté ou un groupe d'individus pourra être identifié à un

acteur unique pourvu que leurs membres possèdent et expriment les mêmes préférences. Dans ce qui suit nous nous intéresserons aux différents acteurs qui interviennent dans le processus d'aménagement des forêts à savoir le décideur qui est l'Etat propriétaire dans le contexte marocain, l'homme d'étude et les acteurs locaux (usagers, élus...etc.).

Il est à noter que cette typologie reste réductionniste dans le contexte marocain. En effet, elle ne met pas en exergue la complexité des relations et des rapports sociaux entre les différents acteurs.

3.3.2.1 Le décideur

Le décideur représente la personne à qui s'adresse l'aide à la décision ou celle qui la demande (Roy, 1985 ; Maystre et al., 1994). Il peut être une personne ou une entité. Dans le cas complexe faisant intervenir plusieurs acteurs, le décideur pourrait se réduire à la personne qui assume la décision ou, selon Zoller et Beguin (1992), la notifie. Dans ce dernier contexte, le décideur pourra être libre dans son exercice de prise de décision ; néanmoins il est censé prendre en considération les aspirations et les préférences des différents acteurs. En effet, des décisions qui ne respectent pas le cadre légal en cours pourraient théoriquement être passibles d'un recours judiciaire pour abus de pouvoir. Dans le cas d'une prise de décision concertée, la situation n'est pas synonyme de « déresponsabilisation » du décideur, mais correspond à une approche de proximité qui fait valoir la prise de conscience accrue des problèmes de la forêt et y intègre les différents partenaires. L'aide à la décision est ainsi perçue en tant qu'outil d'aide à la communication et de support à la négociation.

Dans notre cas d'étude, le décideur est représenté par l'Etat qui est le propriétaire et le gestionnaire quasi exclusif des espaces boisés au Maroc. L'application d'un aménagement forestier intervient suite à une décision émise ou notifiée, au niveau central du département des eaux et forêts, par le Haut Commissaire aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification.

3.3.2.2 L'homme d'étude (aménagiste)

L'homme d'étude est une personne mandatée pour éclairer une situation de décision. Il peut jouer différents rôles. Dans un contexte multi-acteur, en plus de proposer les options les plus appropriées, l'aménagiste peut jouer le rôle du négociateur en cherchant à faire valoir la position du décideur comme il peut jouer le rôle du médiateur en recherchant des compromis (Joerin, 1997).

Au Maroc, les études d'aménagement sont réalisées par des entités publiques ou privées compétentes en la matière. Il s'est agi pendant longtemps des services régionaux des études d'aménagement des forêts et des bassins versants (SEAFBV, ex CRIA : Centres Régionaux d'Inventaire et d'Aménagement). A présent, la désignation de bureaux d'études privés suite à des appels d'offre, est devenu monnaie courante. Dans ce cas, l'homme d'étude est représenté par l'entité chargée de la réalisation de l'étude d'aménagement.

La mise en œuvre des premiers aménagements par les CRIA à la fin des années 1970 a permis de développer des compétences en matière d'aménagement des forêts. Cependant, compte tenu des contraintes humaines, financières et de gestion interne, l'administration s'est trouvée dans l'obligation d'externaliser certaines prestations, en l'occurrence les travaux d'aménagement à des bureaux d'études. Cette façon de faire peut être intéressante à première vue compte tenu du caractère externe du prestataire qui pourrait incarner un rôle de médiateur et faire rapprocher la vision de l'administration des aspirations des utilisateurs notamment la population. Elle est toutefois critiquée au vu de la qualité des travaux produits. En effet, ces entités externes cherchent, le plus souvent, à maximiser leurs profits aux dépens de la qualité même du travail restitué.

3.3.2.3 Les acteurs locaux

Le terme acteur reste très large pour appréhender les intervenants locaux dans le processus de décision. De manière simplifiée on peut subdiviser les acteurs locaux concernés en quatre catégories principales :

- Les ayants droit : il s'agit des communautés riveraines des forêts et qui dépendent, de manière directe ou indirecte de l'espace forestier pour leurs revenus (pâturage, bois de feu, cueillette ...etc.).
- La société civile : ce sont principalement les ONG qui œuvrent dans le domaine de la protection de la nature. À ce groupe on peut également ajouter les riverains des agglomérations urbaines avoisinantes et qui ont souvent recours à la forêt comme espace récréatif. Ces deux groupes travaillent ensemble pour asseoir les bases d'une éducation environnementale saine.
- Les communes rurales : cette catégorie d'acteurs comprend également les élus dont les actions restent fortement influencées par des enjeux politiques.
- L'administration.

3.3.2.4 La nature des relations qui existent entre les acteurs

Les relations entre acteurs sont très enchevêtrées et complexes et ne peuvent être perçues que dans le contexte historique (chapitre 2). Des rapports marqués par la méfiance prévalent toujours entre l'administration forestière et la population locale. Le forestier est perçu en tant qu'agent verbalisateur. Les objectifs et intérêts des différents groupes d'acteurs quant aux usages forestiers sont conflictuels.

Au vu de ce qui précède, les dynamiques sociales ont conduit à un accroissement de la pression suite à une démographie galopante ayant entraîné une réduction de l'espace d'exercice des droits d'usage. Cette pression dépasse les capacités de production du milieu. Les communes rurales demandent davantage de recettes, la société civile exige de maintenir les paysages et l'administration forestière cherche à concilier les différents intérêts tout en garantissant la pérennité des ressources forestières ; une telle situation conduit à une énorme pression sur la forêt dont elle est la seule à payer le tribut.

3.3.2.5 Place des acteurs dans le processus décisionnel

Les populations autochtones possèdent des droits clairement reconnus pour la propriété collective de leurs terres ancestrales (Colchester, 1996). Cet état de fait n'a, jusqu'à présent, été pris en compte par l'administration forestière marocaine que très sommairement. La prise des décisions relatives à l'aménagement des forêts est faite par le décideur hégémonique (administration). Les autres catégories d'acteurs n'occupent qu'une place marginale dans le processus de décision.

La prise en compte des aspirations des populations locales, de leurs besoins ainsi que leur intégration dans le processus de décision ne doivent plus être considérés comme des options mais plutôt des obligations. Malgré les textes juridiques qui ont évoqué le concept de participation de façon plus au moins explicite (Dahir de 1976 : « relatif à l'organisation de la participation des populations au développement de l'économie forestière » ; recommandations du colloque national d'Ifrane sur la forêt en 1994 ; directives du Programme Forestier National (PFN) en 1998), l'intégration des populations locales est toujours à l'état embryonnaire²⁹. Cette situation est

²⁹ Ainsi le concept de participation n'est perçu dans le contexte marocain que comme un « concept à la mode ». Les forestiers ont du mal à partager leur pouvoir décisionnel. A ce titre, le seul aménagement qui a eu recours à la concertation fut dans le cadre d'un projet financé par

expliquée par les gestionnaires par plusieurs éléments : la difficulté de communiquer avec les populations locales, l'absence de savoir-faire en matière de gestion forestière et la déresponsabilisation vis-à-vis de la gestion des ressources (il s'agirait d'un bien en libre accès que tout le monde exploiterait et/ou abuserait³⁰). De son côté, l'administration forestière peut craindre une certaine sorte de dépossession de ses prérogatives ou « se sentir » aussi déresponsabilisée.

L'intégration de la population locale dans le processus d'aménagement des forêts est d'une extrême importance. Elle assure la reconnaissance de la légitimité des droits des populations riveraines à l'accès aux ressources forestières. Elle permet, d'une part, de réduire les conflits d'usage et de légitimité d'appropriation, et d'autre part, de faire valoir les savoir-faire locaux pour combler les lacunes scientifiques relatives au fonctionnement des écosystèmes forestiers (Karjala et al., 2004).

En définitive comme le recommande la FAO (1997), il convient d'associer les populations locales à toutes les propositions d'aménagement des forêts. Cette mise en œuvre est en phase avec les directives du PFN.

3.4 ETAT EN MATIERE D'UTILISATION DES METHODES D'AIDE A LA DECISION EN AMENAGEMENT DES FORETS

Les composantes spatio-temporelles grèvent les problèmes de planification forestière d'une difficulté toute particulière (Bettinger et al., 2003; Bettinger et al., 2005). Ils constituent, de par cette nature, des problèmes *combinatoires complexes*. La stratégie de résolution adéquate comporte deux composantes : la composante spatiale peut être gérée par la programmation en entier et la composante temporelle par une formulation dynamique (Bettinger et al., 2002 ; Bettinger et al., 2003 ; Boston et Bettinger, 2002 ; Falcao et Borges, 2001).

Parmi les différentes classes de méthodes structurées d'aide à la décision pouvant être utilisées en aménagement des forêts, retenons celles cherchant la rationalité, ou la conciliation des fonctions et les méthodes interactives ou encore itératives (Buttoud, 2002 ; Buttoud et Yunusova,

l'Union Européenne, et la concertation s'est réduite à la détermination des équipements et des infrastructures à mettre en place.

³⁰ Ce point reste discutable. Il repose sur la confusion entre ressource libre et ressources communes (Planté et André, 2002).

2002 ; Tsoukias, 2008). La première classe, comporte des méthodes plus ou moins mathématiquement bien posées qui font appel à la recherche opérationnelle ; la seconde recourt à l'aide multicritère à la décision ; la troisième intègre plusieurs acteurs dans des cycles décisionnels itératifs associés à l'intuition et au bon sens de l'aménagiste ; à ces méthodes d'aide à la décision, ajoutons la construction de scénarios qui se base sur l'apport de la prospective.

3.4.1 Méthodes d'agrégation complète

Les différents modèles décisionnels rationnels ont été basés au début sur la programmation linéaire et ce dès la fin des années 1960 et au début des années 1970 suite aux travaux de Curtis (Weintraub et al., 2000). Dès lors, plusieurs modèles ont été développés. Ils sont utilisés dans les problèmes d'allocation des ressources, dans les problèmes de transport, de maintenance des chemins forestiers et dans la régulation forestière (Hlal, 1988). Ces modèles ont été développés aux USA, parmi lesquels figurent : RAA, Timber RAM, MUSYC, ADVENT, IRPM et FORPLAN. Ce dernier, développé sur la base des travaux qui ont donné lieu à MUSYC, figure parmi les modèles les plus largement utilisés aux USA (Kent et al., 1991).

Plusieurs classifications ont été données aux différents modèles de la programmation linéaire en foresterie. Johnson et Scheurman ont décrit deux types : modèle I et modèle II (Davis et al., 2001). La différence entre ces deux modèles réside dans la relation entre les variables de décisions et les interventions. La formulation du modèle I préserve l'identité spatiale, les types d'intervention ainsi que les classes d'âge le long de l'horizon de planification contrairement au modèle II. D'autres auteurs ont eu recours à d'autres classifications qui prennent en considération les concepts de formulation du modèle (Mitchell, 2004) ou du déterminisme des différents paramètres (Amend et al., 2003). Cependant, les hypothèses associées à ces modèles ont engendré la difficulté de leur mise en œuvre spatiale d'une part ; d'autre part, l'allocation optimale qui résulte d'un modèle peut s'avérer parfois infaisable (Boyland, 2002). Les contraintes spatiales ont été approchées par la programmation mathématique et plus particulièrement la programmation en entier. Cependant, des solutions faisables sont difficiles à obtenir pour des cas réels ou pour des problèmes de grandes tailles. D'autres techniques intégrant la simulation et les systèmes d'informations géographiques ont été essayées (Nelson et al., 1991 *in* Boyland 2002). Les algorithmes heuristiques ont été également utilisés comme moyens de résolution rapprochée. Ils permettent d'obtenir une solution avec des délais de calcul acceptables (Falcao et Borges, 2001; Falcao et Borges, 2002). Selon Davis et al. (2001), ces techniques « *recherchent ou trouvent des méthodes permettant de déterminer les bonnes solutions à un problème* ».

donné avec un 'coût' raisonnable en termes d'effort et de temps de calcul ». Plusieurs algorithmes heuristiques ont été développés et utilisés pour la résolution des problèmes de planification forestière. Il s'agit des procédures de recherches aléatoires : Column Generation (Martins et al., 2005), HERO (Pukkala et Kangas, 1993), *Simulated Annealing* (Bettinger et al., 2002 ; Boyland et al., 2004; Falcao et Borges, 2002 ; Pukkala et Kurttila, 2005 ; Pukkala et Heinonen, 2006 ; Tarp et Helles, 1997), *Sequential Quenching and Tempering* (Borges et al., 2002 ; Borges, 2004 ; Falcao et Borges, 2002), *Tabu Search* (Belfares et al., 2007; Bettinger et al., 2007; Brumelle et al., 1998; Richards et Gunn, 2000; Richards et Gunn, 2003; Boston et Bettinger, 2002), *Algorithmes Génétiques* (Aruga, 2005; Bettinger et al., 2002 ; Boston et Bettinger, 2002 ; Falcao et Borges, 2001; Falcao et Borges, 2002 ; Lu et Eriksson, 2000 ; Pukkala et Kurttila, 2005 ; Zeng et al., 2007). Reynolds et al. (2004) ont qualifié ces algorithmes d'«analyses heuristiques spatiales». Une excellente synthèse de l'usage de ces techniques en aménagement des forêts a été présentée par plusieurs auteurs (Kangas et al., 2005 ; Kangas et Kangas, 2005 ; Martell et al., 1998 ; Mendoza et Martins, 2006 ; Mitchell, 2004 ; Weintraub et al., 2000 ; Weintraub et Murray, 2006).

3.4.2 Méthodes d'agrégation partielle

La multifonctionnalité des forêts ainsi que l'existence des intérêts contradictoires imposent une complexité supplémentaire en aménagement des forêts. Surmonter cette complexité nécessite le recours à des modèles descriptifs et aux systèmes interactifs et, *de facto*, à une démarche multicritère d'aide à la décision (Tarp et Helles, 1997). Les travaux qui ont été réalisés en foresterie se rapportant à l'utilisation de cette deuxième classe de méthodes sont relativement rares. Le premier travail remonte à 1976 ; il a été conduit par Brunet et concerne une étude de provenance chez les mélèzes en utilisant la méthode Electre II. En aménagement des bassins versants, ces méthodes ont été identifiées et utilisées par Tecle dès 1988 pour le choix d'alternatives dans un contexte multi-objectif (Mimi et Smith, 1999). En 1993, Martel et Rousseau avaient proposé un cadre basé sur l'analyse multicritère pour la gestion intégrée des ressources forestières. Le gouvernement du Québec (1998) a utilisé la démarche pour le choix d'un certain nombre d'alternatives de gestion d'une réserve faunistique. Ces méthodes ont été utilisées dans un cas de gestion intégrée des ressources naturelles (Waaub et al., 1998). Elles ont également été implémentées dans un système d'information et d'aide à la décision (Coté et al., 2001). Kangas et al. (2003) ont utilisé la démarche pour le choix entre dix alternatives d'aménagement sur la base de cinq critères. La méthode ELECTRE III a été utilisée pour le choix d'itinéraires sylvicoles et de scénarios de gestion intégrée d'une forêt (Bousson, 2003).

3.4.3 Méthodes interactives

Cette troisième classe reste coûteuse et très difficile à mettre en œuvre. Dans un contexte de propriétaire hégémonique, elle n'a aucune raison d'être. Buttoud et Yunusova (2002) ont présenté un cadre d'application de la démarche pour l'aménagement des forêts de montagne au Kirghizstan.

D'autres méthodes peuvent s'apparenter à cette classe. Il s'agit de *l'adaptive management*, de la gestion communautaire des forêts dans certains pays centrafricains ou encore de l'aménagement forestier négocié (Mutzenzer, 2008). Cependant, la mise en œuvre de ces méthodes nécessite une bonne assimilation des concepts de pluralisme par les différents acteurs.

3.4.4 Scénarios

En matière d'aménagement des forêts le recours aux scénarios prospectifs pourrait avoir un intérêt particulier dans la mesure où de par la complexité, l'incertitude et l'absence de déterminisme inhérent aux processus biologiques et sociaux³¹ et au long terme caractérisant la pratique forestière et de par l'objet de l'aménagement qui cherche à définir le meilleur avenir pour les peuplements, toute réflexion sous-entend une part de prospective. Cette mise en œuvre est d'autant plus cruciale que le contexte marocain reste caractérisé par de fortes mutations sociales et par un niveau d'incertitude élevé.

Wollenberg et ses collaborateurs (2000b) ont présenté une revue de la méthode des scénarios. Cette revue a constitué un préalable à son application dans deux contextes de gestion communautaire (à Madagascar et en Indonésie). L'identification des scénarios a permis d'assurer aux gestionnaires une compréhension des forces de changement pesant sur le paysage (variables structurelles) et l'amélioration de la capacité d'adaptation non seulement en réponse aux changements mais en les anticipant (Wollenberg, 2000a ; Wollenberg, 2000b).

³¹ Les changements sociaux imputés aux échelles de planification très allongées.

3.5 SYNTHÈSE

L'aide à la décision permet d'éclairer le décideur dans ses choix. Trois catégories de méthodes s'y apparentant ont été présentées ainsi que la méthode des scénarios (prospective). D'autres méthodes basées principalement sur la simulation peuvent également être citées. Elles n'ont pas été présentées à cause des choix établis et des contraintes de l'étude. Il s'agit principalement des systèmes multi-agent. Ces derniers permettent de représenter des systèmes distribués que ce soit sur le plan spatial, temporel ou fonctionnel (Ferber, 1995 ; Lièvre et Traoré, 1998). Ils consistent à répéter des simulations sur « un monde artificiel » construit à partir d'hypothèses et d'observations de terrain permettant ainsi d'explorer des systèmes existants sans induire des externalités négatives ou des effets indésirables (Barreteau, 1998, Feuillette, 2001). Ils sont souvent couplés aux autres méthodes d'aide à la décision. Par conséquent, elles permettent de clarifier les choix ou d'identifier des variables qui conditionnent l'évolution future des systèmes considérés.

Dans notre contexte, la formulation décisionnelle de l'aménagement des forêts au sens des méthodes multicritères d'aide à la décision a permis de présenter la nature des décisions et les acteurs concernés. Ainsi et en fonction de la portée des décisions, les méthodes à utiliser peuvent différer. La présentation de l'état d'art en matière d'utilisation des méthodes d'aide à la décision en aménagement des forêts a permis de cerner l'usage actuel des différentes classes de méthodes. Les décisions stratégiques peuvent tirer profit aussi bien de l'apport de la programmation mathématique que des méthodes d'agrégation complète. Par contre, les décisions tactiques peuvent bénéficier de l'apport des méthodes quantitatives (programmation en entier) ou se baser sur le « bon sens ».

3.6 CONCLUSION

L'analyse de l'évolution de la discipline d'aménagement des forêts, et des ses spécificités dans le contexte marocain a laissé prévaloir l'intérêt d'adopter des outils d'aide à la décision.

La présentation de l'aide à la décision et la formulation décisionnelle de l'aménagement des forêts au sens des méthodes multicritères d'aide à la décision constitue un préalable indispensable à la clarification des choix relatifs aux approches à adopter et à la démarche à poursuivre ; cette dernière sera détaillée dans le chapitre qui suit.

CONCLUSION DE LA PREMIÈRE PARTIE

L'évolution de l'aménagement forestier s'est traduite par une difficulté croissante de mise en œuvre émanant de l'ouverture à une multiplicité de fonctions, d'acteurs et d'échelles.

Le contexte forestier marocain est caractérisé par l'importance de la composante sociale. L'espace forestier est un support de maîtrises exercées par plusieurs catégories d'acteurs. Les mutations induites par les changements économiques, sociaux, politiques et légaux au cours du siècle passé ont conduit à une « *crise de domanialité* » et à un accroissement de la pression sur les ressources forestières.

L'évolution de l'aménagement des forêts exige la réadaptation des pratiques actuelles ; l'importance des masses de données mobilisées ainsi que le contexte marocain caractérisé par la place de la composante sociale et par la multiplicité des fonctions justifient l'intérêt des méthodes et outils d'aide à la décision.

L'analyse de l'état de l'art en matière d'utilisation des méthodes d'aide à la décision en foresterie et la formulation décisionnelle de l'aménagement des forêts ont permis de clarifier les choix méthodologiques à retenir. Ces choix se différencient en fonction de la portée des décisions en aménagement des forêts (stratégiques et tactiques). Ils peuvent prendre en considération les dynamiques sociales et ce à travers l'intégration de la composante prospective.

Rappelons que l'objectif assigné à ce travail est la proposition et le test d'une approche basée sur les méthodes d'aide à la décision dans le contexte marocain.

L'originalité de l'étude réside dans l'absence de travaux sur l'intégration de la prospective en aménagement des forêts, dans la rareté des travaux portant sur l'articulation de plusieurs catégories de méthodes d'aide à la décision ainsi que dans l'absence de travaux s'intéressant à la problématique marocaine et utilisant d'autres méthodes que la programmation linéaire.

PARTIE II :

MATERIELS ET MÉTHODES

" Ce n'est pas parce que les choses sont difficiles que nous n'osons pas,
c'est parce que nous n'osons pas qu'elles sont difficiles. " (Sénèque)

... alors tentons de formuler !

A la lumière de la formulation décisionnelle et du cadrage théorique de la problématique de la recherche, les choix méthodologiques doivent être élucidés ; tel est l'objet de cette partie du travail. On s'intéressera au choix et à la description des méthodes retenues selon la portée des décisions (stratégiques et tactiques), à la présentation du contexte d'application (zone d'étude) et à l'écologie des espèces locales.

4. APPROCHE STRUCTUREE POUR L'INTEGRATION DES METHODES D'AIDE A LA DECISION EN AMF

L'analyse de l'évolution de la discipline de l'aménagement des forêts et de ses insuffisances dans le contexte marocain a laissé entrevoir l'intérêt d'adopter des méthodes de l'aide multicritère à la décision. Ces dernières doivent prendre en compte des objectifs multiples et prendre en considération les aspirations contradictoires, voire conflictuelles, d'une multiplicité d'acteurs.

La présentation des méthodes d'aide à la décision et la formulation décisionnelle de l'aménagement multifonctionnel des forêts (AMF) présentées précédemment constituent un préalable indispensable pour élucider le choix des méthodes à adopter à différents niveaux hiérarchiques.

Les différentes actions (alternatives) envisagées dans le cadre d'un aménagement des forêts visent la réalisation d'objectifs donnés et auront une réponse qui peut être positive, négative ou neutre par rapport à la réalisation de chacun des autres objectifs. Cette situation est d'autant plus compliquée que la forêt est convoitée par une multiplicité d'acteurs. C'est ainsi que l'approche proposée doit réaliser le compromis le plus acceptable par rapport aux différents objectifs en considérant les préférences et/ou exigences des acteurs concernés.

On proposera dans ce chapitre une démarche structurée pour l'aménagement multifonctionnel des forêts au Maroc, fondée sur l'utilisation des méthodes multicritères d'aide à la décision. Ainsi, on procédera à une description de la démarche et de ses différentes composantes.

4.1 DEMARCHE GLOBALE PROPOSEE

4.1.1 Justifications et choix

La formulation décisionnelle présentée au chapitre 3 permet de donner une idée des méthodes qui se prêtent le mieux à l'utilisation. L'approche pourra

être différente selon l'objet de la démarche (objectifs définis préalablement ou découlant des analyses) et l'échelle prédominante dans la réflexion. Deux approches peuvent être adoptées. La première, quantitative, cherche à fixer les niveaux *optimaux* des différents objectifs quantifiables à atteindre. La seconde approche pourrait se baser sur la définition d'un certain nombre de variantes (alternatives répondant à des scénarios stratégiques) en se basant non plus sur un déterminisme tendanciel, mais sur des explorations futures et puis sur la comparaison multicritère de ces scénarios par rapport aux critères et indicateurs arrêtés.

La hiérarchie et la nature des décisions en aménagement des forêts ainsi que les spécificités du contexte marocain suggèrent une démarche comportant deux phases auxquelles deux classes de méthodes d'aide à la décision peuvent être associées. Ces deux phases tendent à répondre à la question « que se passe-t-il si ... ? » et « comment ... ? ». Elles s'articulent autour de la construction de scénarios (et leur traduction en alternatives) permettant de satisfaire au mieux les objectifs multiples de la forêt, l'identification et/ou la définition de critères et d'indicateurs d'évaluation de ces scénarios et enfin le choix du ou éventuellement des meilleurs(s) d'entre eux. C'est ainsi que l'aboutissement des décisions stratégiques peut être basé sur une comparaison de variantes.

L'évaluation des différents scénarios se base sur une analyse de leur pertinence par rapport au cadre prospectif global et des conséquences attendues de leur implémentation en alternatives. Par conséquent, la démarche sous-entend une intégration du niveau tactique et une éventuelle simulation de l'évolution des peuplements à la suite de la réalisation de ces scénarios-alternatives. Pour ces décisions tactiques, le choix pourra porter sur une formulation linéaire en entier (Mixed Integer Programming) ou sur une simulation de type *binary search* (Davis et al., 2001). Plusieurs stratégies de résolution peuvent être envisagées (algorithmes génétiques, recherche locale, programmation dynamique ou programmation en entier). Pratiquement, ces décisions visent principalement l'affectation des parcelles à un itinéraire technique et éventuellement la programmation dans le temps et dans l'espace des actions envisageables.

Sur le plan stratégique, il sera relativement aisé de développer des scénarios. Ces derniers peuvent être identifiés pratiquement soit en se basant sur des objectifs, sur des choix sylvicoles ou éventuellement sur la prospective : des futurs espérés, craints ou projetés. Les scénarios seront explicités en alternatives d'aménagement. Une alternative constitue l'implémentation opérationnelle d'un scénario. Elle peut regrouper aussi bien des opérations sylvicoles, des aménagements récréatifs, cynégétiques, pastoraux que des mesures concernant la gestion de milieux particuliers.

L'utilisation de critères d'évaluation revêt une importance capitale dans la différenciation entre alternatives d'aménagement associées aux différents scénarios. Ceux-ci, explicités en indicateurs, doivent être facilement mesurables et doivent présenter un certain nombre de caractéristiques (chapitre 10).

Les évaluations relatives aux critères et indicateurs identifiés doivent constituer le point de départ pour une comparaison multicritère de variantes et conduire à un éventuel classement entre scénario et par conséquent à se prononcer sur le ou les scénario(s) les plus adapté(s).

Cette mise en œuvre semble comporter les éléments de base d'une approche structurée pour l'aménagement durable des forêts (Davis et al., 2001 ; Dubourdieu, 1997). Elle sous-entend en effet :

- L'identification des objectifs stratégiques ; ces derniers découlent du PFN et des obligations légales.
- L'identification des ressources forestières et des valeurs recherchées par la gestion. Il s'agit des différentes analyses et synthèses de l'aménagement classique. Elle sera traduite dans notre mise en œuvre par un diagnostic socio-territorial associé à l'étude des vocations.
- L'identification des scénarios prospectifs et leur traduction en alternatives d'aménagement multifonctionnel avec la prévision des réactions du milieu face à ces alternatives à travers la simulation de l'évolution des peuplements.
- L'établissement de liens entre les valeurs recherchées et les activités forestières prévues appréciées par les critères d'évaluation et jugées par des méthodes multicritères d'aide à la décision.

Dans notre mise en œuvre, l'approche quantitative, basée sur la programmation mathématique, peut trouver sa place à deux niveaux. Le premier, utilisé à titre d'essai au niveau stratégique, vise l'identification de l'apport de la méthode dans l'identification des niveaux maximaux à assigner aux différents objectifs. Le second, porte davantage sur le niveau tactique, et vise l'identification des affectations éventuelles des parcelles à une occupation donnée ainsi que la simulation de l'évolution des peuplements.

En définitive, dans le présent travail et comme il vient d'être annoncé, on testera en premier lieu l'intérêt du recours à une démarche quantitative, pour définir les niveaux optimaux des différents objectifs, sur la base desquels on pourra, éventuellement, asseoir un aménagement multifonctionnel des forêts. En un second lieu, on testera l'apport conjoint de la prospective et des méthodes multicritères d'aide à la décision pour l'identification d'un ou des meilleur(s) scénario(s) d'aménagement ; la démarche de cette mise en œuvre est résumée à la figure 8.

l'évaluation des scénarios-alternatives par rapport à une série de critères et indicateurs et le choix du meilleur scénario en se basant sur une comparaison multicritère.

Le diagnostic consiste en une étude socio-économique et en l'étude des vocations. Cette dernière vise la détermination des vocations potentielles (forestière, pastorale, conditionnée, mixte et agroforestière) et ce de manière indépendante les unes des autres. Ces vocations serviront lors de l'affectation des unités de gestion aux séries-objectif.

L'approche quantitative consiste en l'identification des niveaux optimaux des objectifs quantifiables. Ces niveaux seront imposés aux décisions tactiques comme des maximums à rechercher.

La construction des scénarios consiste en l'analyse du cadre prospectif global et en l'identification de quatre scénarios exploratoires en prenant en compte les facteurs qui conditionnent l'évolution du système.

Les scénarios sont ensuite traduits en alternatives d'aménagement. Ces dernières comportent des choix qualitatifs consistant en la mise en place d'aménagements récréatifs et pastoraux, d'un schéma d'organisation de la population locale et d'encadrement des usages ainsi que des choix quantitatifs portant sur la programmation d'actes sylvicoles dans le temps et dans l'espace. L'implémentation spatio-temporelle se base sur i) la classification des unités de gestion en des séries-objectif compatibles avec leurs vocations et avec le scénario en question, ii) le choix d'un ensemble d'itinéraires sylvicoles adaptés à chaque série-objectif et iii) le recours à la programmation en entier pour le choix de l'itinéraire adapté à chaque unité de gestion. Ce choix de l'itinéraire doit tenir compte de l'appartenance de la parcelle à la série objectif et doit permettre une réduction des déviations des objectifs par rapport à ceux obtenus par la PL. L'implémentation sous-entend la simulation et le suivi de l'évolution des peuplements en prenant en compte les différents actes de gestion envisagés ; les informations s'y rapportant serviront à l'évaluation des scénarios.

L'évaluation finale consiste en l'identification d'un ensemble de critères et d'indicateurs et en l'évaluation des performances des scénarios par rapport à ces derniers. L'évaluation donnera lieu à une matrice de performance. Cette dernière constitue le point de départ d'une comparaison multicritère visant l'identification du meilleur scénario. Les résultats obtenus feront l'objet d'une analyse de sensibilité pour apprécier leur robustesse.

4.2 DONNEES NECESSAIRES A L'APPROCHE

La partie relative aux données nécessaires à la mise en œuvre de l'approche comporte une présentation de la zone d'étude (chapitre 5), un diagnostic socio-économique et une étude des vocations (chapitre 6). Cette dernière doit apporter des éclaircissements quant aux choix spatiaux et quant à l'identification des séries-objectif. Ces dernières auront pour but de cadrer les interventions à mettre en œuvre.

Le diagnostic socio-territorial est basé sur les données socio-économiques issues de l'étude réalisée par TTOBA (2002), sur les résultats issus d'ateliers participatifs réalisés dans le cadre du projet Khénifra³² entre 2003 et 2005 et sur des investigations complémentaires que nous avons réalisées dans la zone d'étude.

L'étude des vocations constitue la base pour identifier les éléments de spatialisation susceptibles d'être pris en considération lors de la définition des séries-objectif. Sa mise en œuvre s'est basée sur deux constats : i) les peuplements en présence dans la zone témoignent des aptitudes des stations, et ii) leur état actuel est le principal indicateur de la pression à laquelle ils sont assujettis.

4.3 APPROCHE MISE EN ŒUVRE POUR LES DECISIONS STRATEGIQUES

La détermination des décisions stratégiques a consisté en deux approches complémentaires. La première, utilise la programmation linéaire. La seconde utilise l'apport de l'aide multicritère à la décision et se base sur l'identification des alternatives d'aménagement afférentes aux scénarios prospectifs et leur évaluation en terme multicritère.

4.3.1 Approche quantitative

Les techniques quantitatives trouvent leurs usages en aménagement forestier de par la composante programmation dans le temps et dans l'espace des interventions à mettre en œuvre dans la forêt. Deux grandes classes de méthodes sont les plus utilisées : la programmation linéaire et la programmation en entier.

³² Il s'agit d'un projet de développement rural financé par l'Union Européenne dans le cadre du programme MEDA 2. Il vise la réduction des disparités régionales, la promotion du rôle de la femme rurale et la gestion durable des ressources naturelles à travers la lutte contre l'érosion et l'atténuation des effets de la sécheresse.

Dans notre approche, un modèle d'aménagement basé sur la programmation linéaire est utilisé pour quantifier les niveaux maximaux à atteindre par les différents objectifs. Ses résultats seront imposés à un modèle en entier servant à implémenter la composante tactique de l'aménagement des forêts.

4.3.1.1 La programmation linéaire standard

Rappelons que la programmation linéaire constitue une méthode d'agrégation complète à critère unique (cf. chapitre 3). La classification des modèles de programmation linéaire se base sur les concepts de formulation du modèle (Mitchell, 2004) ou du déterminisme des différents paramètres (Amend et al., 2003). Son utilisation suppose :

- La linéarité de la fonction objectif (FO) et des contraintes (les différentes variables doivent avoir une représentation linéaire, i.e., un changement des activités engendre un changement proportionnel des résultats).
- L'additivité des variables de décision.
- La divisibilité et la continuité (toutes les variables de décisions doivent être continues, divisibles et finies).
- La certitude (les coefficients techniques et les contraintes doivent être connus avec précision dans le temps).
- La non négativité (les variables de décision doivent être positives).

La démarche de résolution d'un problème de programmation linéaire consiste à modéliser le problème sous forme d'équations ou d'inéquations linéaires, à déterminer ensuite l'optimum mathématique et enfin à examiner la stabilité des solutions optimales face à certaines variations des données du problème à travers une analyse de sensibilité.

Un modèle de programmation linéaire est composé d'une fonction objectif à maximiser ou à minimiser (Eq. 1), et d'un ensemble de contraintes (Eq. 2).

$$Z = \sum_{j=1}^N C_{ij} X_{ij} \quad (\text{Eq. 1})$$

Sous contraintes :

$$\sum_{j=1}^N a_{ij} X_{ij} \begin{matrix} \leq \\ = \\ \geq \end{matrix} r_i \quad (\text{Eq. 2})$$

$$X_j \geq 0 \quad \forall j;$$

Avec : X_{ij} constitue la surface du périmètre i à affecter à l'alternative d'aménagement j pour le modèle I. Pour le modèle II, il représente la surface plantée à la période i et qui sera exploitée au cours de la période j . C_{ij} et a_{ij}

constituent les coefficients techniques ou technologiques. r_i constitue des limitations ou des seuils imposés aux contraintes, elle peut représenter des niveaux (minimaux ou maximaux) recherchés.

L'ensemble des équations (Eq. 2) est constitué de contraintes imposées à la fonction objectif. Ces contraintes peuvent porter sur la disponibilité des ressources, sur des obligations légales, sur des objectifs minimaux à assurer ou encore sur des fluctuations périodiques à ne pas dépasser.

4.3.1.2 Résolution des modèles linéaires

La résolution des modèles linéaires a été faite par les outils GLPK et Lpsolve 5.1. Ces deux outils sont Open Source sous licence GNU GPL2 (FSF, 1991) et utilisent divers formats de données : MPS, LINDO, CPLEX et le langage de modélisation mathématique GNU MathProg (FSF, 2008). LPSOLVE présente une interface graphique qui facilite la lecture du modèle. Quant au GLPK et en dépit de la nécessité de passer les commandes en invite de commande ou en fichiers d'instructions, il offre la possibilité d'accès direct aux bases de données via la couche *Open Database Connectivity* (ODBC), il reste très puissant et permet de résoudre de larges problèmes dans des intervalles de temps plus courts. Il a été le plus adapté pour la résolution de modèles d'aménagement avec beaucoup de contraintes et avec accès aux bases de données.

4.3.2 Construction des scénarios et des alternatives d'aménagement

Si certains auteurs assimilent le concept de scénario à un ensemble de prescriptions d'aménagement (Davis et al., 2001) ou éventuellement à des options sylvicoles (Martel et Rousseau, 1993), il renvoie ici à son appréhension au sens de la prospective ou de la méthode des scénarios prospectifs (Godet, 1997). Cette conception, en intégrant des projections futures et en les traduisant en alternatives d'aménagement, permet de prendre en compte aussi bien les choix sylvicoles que les différentes prescriptions d'aménagement. L'usage des scénarios dans le contexte marocain, permettra de cerner une part de la complexité, de l'incertitude et de l'absence de déterminisme inhérents aussi bien aux processus biologiques qu'aux dynamiques sociales.

Dans notre mise en œuvre, les scénarios constituent des cadres stratégiques répondant à une évolution prospective donnée. Ils seront élucidés, chacun, par un ensemble d'actes qui constituent une alternative. La détermination des actes sylvicoles se basera sur l'approche qui sera décrite plus bas (décisions tactiques).

4.3.2.1 Cadre conceptuel pour la définition des scénarios d'aménagement

La définition des scénarios comporte :

- i) Une analyse structurelle qui consiste à déterminer les variables qui conditionnent l'évolution du système en question et des différents liens entre ces variables et ce à l'issue d'un diagnostic approfondi de la situation initiale.
- ii) La projection des états possibles de ces variables permet de déterminer des projections possibles du système.
- iii) La détermination des scénarios plausibles.

La démarche de développement des scénarios est exploratoire. Les scénarios retenus sont de type cheminement du fait que les objectifs stratégiques constituent leur finalité commune. Chaque scénario devra, en outre, être étayé en alternative d'aménagement bien définie (une ou plusieurs).

L'identification des scénarios résulte de la combinaison des valeurs possibles ou extrêmes des variables structurelles. Le tableau 5 présente des exemples de variables structurelles. Des scénarios, basés sur toutes les évolutions possibles, s'avèrent difficiles à analyser, vu le grand nombre des combinaisons possibles. Les auteurs soulignent la nécessité de se contenter d'une analyse basée sur un nombre restreint de variables structurelles (Bell et Coudert, 2005 ; Berkhout et al., 2001; Chermak et al., 2001 ; Godet, 1997 ; Poux, 2002).

Tableau 5. Exemples de variables structurelles

Id	Facteurs	Etats			
		1	2	3	4
1	Socio-économique				
1.1	Évolution démographique	Stabilité	Croissance	Récession	
1.2	Systèmes d'utilisation de l'espace	Agrosylvopastoral	Ecotourisme	Pastoral	Agricole
1.3	Pression pastorale	Maintien de la pression	Réduction de la pression	Accroissement de la pression	
1.4	Délits	Idem actuellement	Accroissement	Récession	
1.5	Urbanisation	Même Situation actuelle	Développement de pôles urbains		
1.6	Energie	Bois de feu	Bois de feu+gaz	Gaz (butane)	Autres
2	Environnemental				
2.1	Etat des peuplements	Même tendances actuelles	Accroissement de la dégradation	Reconstitution	
2.2	Érosion	Même tendances actuelles	Accroissement	Réduction	

2.3	Disponibilité de l'eau	Idem actuellement	Posera problème	Aucun problème	
3	Administratif				
3.1	Décentralisation	Mêmes tendances actuelles	Plus de pouvoirs aux entités déconcentrées	Mitigé	
4	Gestion				
4.1	Implication population locale	Contraintes	Partenaires	Position non claire	Partenaires de second ordre
4.2	Revisite de l'aménagement	Non	Oui		
4.3	Spécialisation	Forêt multifonctionnelle	Spécialisation spatiale	Compromis entre les deux	
5	Politique				
5.1	Modes de gestion	Etatique	Délégué	Collaboratif	
5.2	Ressources financières	Idem actuellement	Davantage	Limitation	
5.3	Ouverture sur les acteurs	Aucune	En tant qu'interlocuteurs	Grandement intégré	
5.4	Solidarité amont aval	Accrue	Plutôt présente		
5.5	Exploitations forestières	Monopole de l'état	Population locale bénéficiaire	Population locale maître d'œuvre	
5.6	Politisation de l'administration	Non	Oui	Alternance	
6	Institutionnel				
6.1	Innovations institutionnelles	Accrues	Timides	Aucunes	
6.2	Maîtrises foncières	Mêmes tendances	Réappropriation locale		
6.3	Appréhension patrimoniale	Non	Oui	Mitigée	

La grille de présentation³³ des scénarios comportera : les grands traits du scénario, les acteurs moteurs et porteurs du scénario, les facteurs qui l'influencent ainsi que sa trajectoire et ses implications.

4.3.2.2 *Principes de construction des alternatives d'aménagement associées aux scénarios*

Une alternative d'aménagement constitue l'implémentation opérationnelle des actions ou des prescriptions envisageables dans le cadre d'un scénario donné. Elle regroupe un ensemble cohérent d'actions (actes de gestion) qui tendent à favoriser la réalisation d'objectifs donnés. Les éléments, qui

³³ Cette manière de présentation a été inspirée des travaux de Poux (2002) et Mermet (2005).

pourront différencier les alternatives, restent certes trop variés de même que leurs éventails peuvent être illimités. A chaque scénario peut correspondre une ou plusieurs alternatives d'aménagement. Pour réduire le nombre final des alternatives à juger, une seule alternative par scénario a été retenue.

4.3.2.2.1 Cadre spatio-temporel

La mise en œuvre de l'approche nécessite d'adopter une relecture du cadre spatiotemporel. Cette dernière ne doit pas engendrer de profonds chamboulements de l'existant, de même qu'elle doit être en mesure de prendre en considération les unités socio-spatiales et les nouvelles fonctions de l'espace forestier. Elle doit s'adapter ou être adaptable aux outils informatiques développés pour le suivi de la gestion forestière au Maroc. Dans ce sens, on se basera sur le travail réalisé par Farcy (2005). Ainsi dans une forêt donnée, on retiendra l'entité d'aménagement, l'unité d'aménagement, la série-objectif et le site. Le premier concept fait référence à une entité de décision. Le second est transposable au concept de série, le souci de simplification plaide pour une unité d'aménagement active par entité d'aménagement ; ce qui peut ne pas être observé. Il a été souligné la nécessité de ne pas avoir d'incohérences dans l'organisation spatiotemporelle ou des rotations incompatibles. Il faut encore ajouter une homogénéité des unités socio-spatiales qui les composent. La série-objectif constitue une unité d'objectif stratégique à laquelle un ou plusieurs mode(s) de gestion approprié(s) peu(ven)t être fixé(s). L'évaluation doit porter sur la série-objectif à travers des indicateurs adaptés. Le site reste relatif à un espace de protection donné.

Ainsi, l'entité d'aménagement correspond à l'ensemble de la forêt. Elle comporte des unités d'aménagement superposables aux unités socio-spatiales identifiées. Cette différenciation restera de vigueur pour les différentes alternatives.

La série-objectif constitue une unité de décision à caractère stratégique. L'unité de gestion est la parcelle. L'unité de travail retenue par les gestionnaires dans le contexte marocain est le lot. Ce dernier peut porter sur une partie, l'entièreté ou plusieurs parcelle(s). Sa contenance dépend uniquement des contraintes de gestion interne et de financement des structures de gestion.

Le classement des parcelles en unité d'aménagement et en série-objectif est basé sur les résultats de l'étude des vocations, les caractéristiques dendrométriques et spatiales de chacune des parcelles, la proximité d'une agglomération (douar) et le degré de la pression sociale sur la parcelle.

Le parcellaire au Maroc, conçu pour une gestion extensive, s'adaptera mal aux règles d'homogénéité de ces unités spatiales. D'une contenance moyenne allant de 100 à 200 ha, la parcelle est davantage une unité de travail et de gestion. Le souci de conserver l'historique des parcelles nous impose de conserver cette mise en œuvre. Toutefois, la question de la pertinence de cette conception restera posée. Ainsi, on proposera deux sous-unités. La première doit être immuable et à caractère spatial : l'élément. La seconde, la cellule, est descriptive de l'état des peuplements, et elle est déterminée par la superposition de la carte des parcelles et de celle des strates à une date de description (stratification) donnée.

Le cadre temporel comporte deux éléments dont le premier inhérent à l'horizon de planification et le second à la période constituant un sous multiple du premier. La durée d'application est un multiple de la période. L'horizon temporel est intégré dans la définition des itinéraires techniques et dans l'évaluation des différentes alternatives.

4.3.2.2.2 Elucidation des composantes des alternatives

La définition d'une alternative d'aménagement se base sur le fait que l'aménagement définit des objectifs pour chaque série-objectif et arrête des interventions ou actes de gestion permettant de parvenir à ces objectifs. Elle consiste en une démarche combinant un ensemble d'actions élémentaires portant sur :

- L'affectation des parcelles à des séries-objectif dans le respect des vocations de la parcelle.
- L'identification des actions à mettre en œuvre et la gestion de leur évolution. Ces dernières émanent de l'affectation des unités de gestion aux séries-objectif et du scénario adopté. En effet, les vocations conditionnent le choix des affectations futures des parcelles. Une plus ou moins grande sévérité peut être admise quant à la prise en compte de la composante sociale. Cette intégration émane des traits généraux du scénario. Les interventions envisageables peuvent avoir une portée commune (s'appliquant à plusieurs alternatives), comme elles peuvent être propres à une alternative donnée. Les choix communs seront présentés pour l'ensemble des alternatives.
- Les choix des aménagements récréatifs : itinéraires de promenade et choix des sites d'implantation des équipements récréatifs.
- Un schéma d'organisation des populations locales et d'encadrement de leurs usages.

Le tableau 6 comporte une présentation schématique et simplifiée des interactions possibles entre des objectifs de l'aménagement et certains actes

de gestion. Certaines des approximations et simplifications acceptées dans le contexte de l'étude seront détaillées plus bas.

Tableau 6. Interactions entre actes de gestion et objectifs d'aménagement

Objectif	Production ligneuse	Écologiques et biologique	Récréatifs et paysagers	Portée sociale	Économique et financier	Cynégétique
Acte de gestion						
Interventions sylvicoles	++	+	+	+	++	+
Protection ou conservation	0	++	+	-	-	+
Mesures sociales	0	0	0	++	+	0
Interventions sylvopastorales	0	+	0	++	+	0
Interventions récréatives	0	0	++	+	+	-
Interventions cynégétiques	0	0	+	+	+	++

+, ++, - et 0 : Sens d'interaction de l'acte de gestion avec la réalisation de l'objectif en question.
 + : Interaction positive, ++ : interaction positive plus importante, 0 : absence d'interaction et - : interaction dans le sens opposé.

Les interventions sylvicoles consistent en l'application d'un itinéraire sylvicole à une entité de gestion ou à un type de peuplement donné. Elles se traduiront en termes de coupes, de mesures de régénération ou de toutes autres interventions sylvicoles entreprises au niveau des différentes unités de gestion. La nature et l'intensité de ces interventions sont cadrées par l'appartenance de l'unité de gestion concernée à une série-objectif donnée. La détermination de ces interventions sera basée sur le recours à la simulation et à la programmation en entier.

Les interventions sylvicoles visent en premier lieu la réalisation d'objectifs de production ligneuse. Toutefois, elles peuvent influencer la réalisation d'autres objectifs, plus particulièrement les objectifs écologique et biologique à travers les changements dans : l'éclaircissement du sol, la diversité des peuplements, la protection des sols et la régulation hydrologique. Les objectifs cynégétiques sont affectés par le degré d'ouverture des peuplements et par la capacité d'accueil du milieu. Les objectifs à portée sociale et plus particulièrement la pratique pastorale sont affectés par la mise en défens. Cette dernière implique la réduction de l'exercice des droits d'usage. Par contre, l'ouverture des peuplements permet le développement de la strate herbacée. Les revenus générés au bénéfice des populations locales dans les travaux sylvicoles dépendent également de l'importance de ces travaux. Les objectifs économiques et financiers en sont également

influencés. Ils dépendent en effet de la quantité et de la valeur des produits exploités.

La protection ou la conservation concernera des zones présentant un intérêt particulier. De par le caractère extensif de la gestion forestière au Maroc, la conservation sera considérée comme une interdiction des opérations sylvicoles dans l'espace voué à cet objectif. Elle peut également constituer un espace de protection intégral dans lequel les activités humaines seront exclues (zone centrale de parc). La protection peut également être favorable à la promotion des activités éco-touristiques, et pourra être accompagnée de réduction des revenus issus du pastoralisme et des ventes des produits forestiers.

Les mesures sociales comportent la mise en place d'une infrastructure sociale de base, l'organisation des populations locales et des mesures pour l'encadrement de leurs usages. Les choix relatifs aux infrastructures sociales et au désenclavement seront établis en prenant en considération les souhaits des populations locales et en privilégiant l'approche « genre »³⁴. Ceci sera conduit conformément aux résultats du diagnostic socio-territorial (chapitre 6). Ces besoins et leurs priorités relatives revêtent un caractère commun et seront présentés indépendamment du scénario. L'adoption de ces interventions préalables revêt une première importance et vise à changer les perceptions et à rétablir des rapports de confiance entre les agents de l'administration et les populations locales. L'évaluation de cette composante de l'aménagement multifonctionnel des forêts ne pourra pas être abordée dans le cadre de la présente étude.

Les aménagements sylvopastoraux visent à concilier les pratiques pastorales avec les potentialités du milieu. Ils peuvent porter sur des actions ponctuelles comme la mise en place d'infrastructures (points d'abreuvements, abris collectifs, points d'affouragements pour le bétail, ...etc.), comme ils peuvent concerner des actions sylvicoles, des actions d'amélioration pastorale par plantation ou éventuellement un accompagnement zootechnique et vétérinaire des éleveurs. Dans notre mise en œuvre, on identifiera les zones qui seront dédiées à cet objectif et éventuellement on proposera certaines infrastructures à mettre en place.

Les aménagements cynégétiques peuvent porter aussi bien sur la détermination des zones de remise ou de lâcher de gibier en se basant sur

³⁴ Il s'agit d'une approche qui part du constat que le développement nécessite l'implication des deux sexes et envisage le diagnostic et les interventions pour chacun d'entre eux.

les critères de quiétude et de proximité des points d'eaux, des zones spécifiquement aménagées pour garantir une couverture herbacée pour le broutage du grand gibier, l'identification et le choix des zones d'implantation d'infrastructures particulières pour le gibier (points d'affouragement, points d'abreuvements pour gibier ou points d'observations) que sur la définition d'un plan de tir. Dans notre mise en œuvre, seules les deux premières composantes pourront être prises en considération. En effet, les autres portent sur des aspects opérationnels de la gestion cynégétique qui doivent, en principe, être proposés et mis en place par les amodiataires (locataires de droit de chasse) éventuels des lots de chasse.

Les aménagements récréatifs comprennent les composantes suivantes :

- La création de parkings.
- La mise en place de panneaux d'information et de signalisations.
- La mise en place d'infrastructures (poubelles, table-bancs, tables d'orientation).
- L'identification et/ou la proposition de création de structures d'accueil pour les visiteurs.
- La proposition d'itinéraires de promenade.

Les composantes : formes d'organisation des populations locales, modalités d'encadrement de leurs usages, et mise en œuvre d'infrastructures sociales seront présentées indépendamment de l'alternative en question. Cette façon de faire se justifie de par les limites de la présente étude, de la difficulté inhérente à l'évaluation de leurs effets à priori sur la réalisation des différents objectifs et du réalisme de leur mise en pratique.

4.3.2.3 Les limites de l'approche envisagée

i) Certaines composantes des alternatives d'aménagement ne peuvent pas être appréciées de façon concise. Il s'agit de certains éléments inhérents aux composantes des variables structurelles des scénarios. On essaiera dans la mesure du possible de les prendre en compte sur base d'un jugement qualitatif sinon, il n'en sera pas tenu compte (exemple l'irrigation et sa contribution dans les systèmes d'exploitation de l'espace...etc.).

ii) L'aménagement du territoire sous-entend un bon nombre d'intervenants. Chacun contribuera selon ses champs de compétences dans un axe donné pour répondre aux priorités identifiées par les populations locales. La prise en compte de ces priorités permettra d'asseoir des rapports de confiance entre les acteurs locaux et l'administration forestière ; toutefois elle n'a aucun caractère contraignant ni pour l'administration ni pour les partenaires censés répondre à ces besoins (Ministères de la Santé, de l'Equipeement, de l'Education Nationale, ...etc.). Ces besoins ne pourront

être intégrés ni dans l'évaluation ni dans les composantes proprement dites des alternatives. Elles prendront la forme de directives.

iii) Certes, les formes d'organisation des populations locales constituent un élément prépondérant dans la différenciation des alternatives, toutefois elles ne sont données ici qu'à titre informatif.

iv) L'aspect opérationnel relatif à la description de l'évolution des occupations des parcelles dans le temps ne sera pas analysé en profondeur.

4.4 APPROCHE MISE EN ŒUVRE POUR LES DÉCISIONS TACTIQUES

Les décisions tactiques portent sur la détermination des interventions sylvicoles envisageables, leur période d'exécution, leurs emplacements spatiaux (unité de gestion dans laquelle elles seront exécutées) et les produits présumés réalisables. Pour mieux cerner les résultats des différentes interventions envisagées par les scénarios, la connaissance à tout moment de la structure des peuplements s'impose.

La démarche envisagée se base sur la simulation de l'évolution des peuplements en utilisant des modèles de croissance (sous la forme d'équations différentielles de passage) pour générer les caractéristiques dendrométriques globales de chaque unité de gestion, ensuite l'utilisation de la loi de distribution de probabilité de Weibull permet de générer la structure des peuplements.

Le choix de la meilleure séquence d'aménagement (itinéraire sylvicole ou structure objectif) se base sur le recours aux algorithmes génétiques.

4.4.1 Méthode utilisée

4.4.1.1 Approche

Les décisions tactiques seront développées pour la mise en œuvre de l'approche qualitative basée sur les scénarios. Elles seront relatives aux prescriptions sylvicoles et se basent sur la programmation en entier et sur la simulation. La formulation en entier intervient pour palier la contrainte de continuité des variables de décision.

Deux formulations peuvent être adoptées pour l'identification des décisions tactiques. La première se base sur des variables binaires. Elle est à

privilégier dans le cas d'une définition préalable des itinéraires sylvicoles. La seconde correspond à des variables « entiers » relative au niveau de prélèvement pour chaque catégorie de circonférence. Ces formulations permettent de résoudre les problèmes d'affectation spatiale et de garantir la faisabilité sur le terrain des résultats obtenus.

Si on se réfère au modèle présenté plus haut (Eq. 1). Les variables de décision seront interprétées, pour la première formulation, comme suit :

X_{ij} : variable binaire qui vaut 1 si la parcelle i est soumise à la prescription d'aménagement j , sinon elle vaut 0. C_{ij} constitue les coefficients techniques.

Une autre contrainte doit être intégrée au modèle ; elle correspond à l'obligation d'affecter au maximum une seule prescription d'aménagement à une parcelle donnée (Eq. 3).

$$\sum_j X_{ij} \leq 1 \quad \forall i \quad (\text{Eq. 3})$$

Dans la seconde formulation, X_{ij} est remplacée par X_{ijk} et correspond à l'effectif ou au taux de prélèvement réalisé dans la classe de diamètre k de la parcelle i et à la période j . Dans notre mise en œuvre les deux approches ont été testées.

La résolution des modèles se basera sur l'utilisation des algorithmes génétiques. Ces derniers, inspirés des principes biologiques de l'évolution, cherchent à trouver des solutions exactes ou rapprochées à des problèmes d'optimisation. Ils constituent des modèles de simulation (Falcao et Borges, 2001).

Les algorithmes génétiques se basent sur des solutions de départ appelées chromosomes. Ces solutions forment une population initiale. Chacun des chromosomes est une solution faisable (proposition d'aménagement comprenant les niveaux de prélèvement par période et par classe de circonférence). Chaque chromosome comporte un ensemble de gènes. La valeur de chaque gène représente le prélèvement envisagé, soit la variable X_{ijk} . Les allèles d'un gène donné correspondent aux possibilités de prélèvement dans une classe de circonférence, d'une parcelle et au cours d'une période bien définie. Ils prennent des valeurs allant de 0 à l'effectif sur pied de la même classe de circonférence. La mise en œuvre de ces algorithmes sous-entend l'évaluation de la population initiale et la répétition jusqu'à la fin du processus de la sélection des meilleurs individus (solutions potentielles), l'évolution de la population à travers des recombinaisons (crossover et mutations), l'évaluation des performances individuelles des

solutions et enfin le remplacement des mauvais individus par les meilleurs obtenus.

L'évaluation des performances de chaque chromosome se base sur la simulation de l'évolution des peuplements (figure 10).

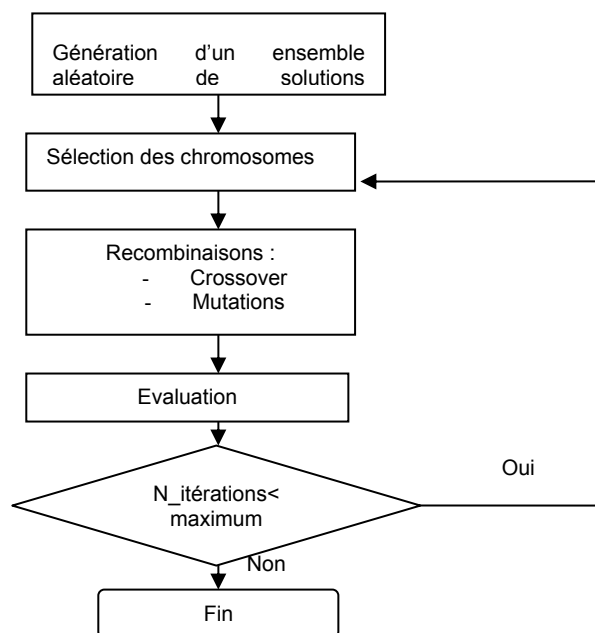


Figure 9. Démarche des Algorithmes génétiques

4.4.2 Simulation de l'évolution des peuplements

La simulation utilise les solutions aléatoires produites par les algorithmes génétiques. La démarche globale est présentée à la figure 10. L'évolution des caractéristiques dendrométriques des peuplements se base sur leur projection en utilisant un modèle de croissance sous forme d'équations différentielles de passage : tableau 7 (Khatouri, 1987; Khatouri et Dennis, 1990). Une fois les caractéristiques dendrométriques globales des parcelles obtenues pour chaque période (G, N, D), on procède à la reconstitution de la structure des peuplements par l'utilisation de la loi de probabilité de Weibull et par la suite au calcul des prélèvements à effectuer et ainsi de suite période par période. Le recours à cette approche a l'avantage de palier l'absence de normes et de pouvoir gérer la structure irrégulière ou jardinée des peuplements.

La résolution des équations différentielles s'est basée sur l'algorithme de Runge-Kutta du 4^{ème} degré³⁵. Ce dernier a été implémenté sous Visual Basic 6 (annexe 4).

Tableau 7. Modèle de croissance utilisé d'après Khatouri (1987) et Khatouri et Denis (1990)

Passage à la futaie
$\frac{dN_i}{dt} = 15.541 \exp(-0.038 SBA)$ $\frac{dN_i}{dt} = 0 \text{ si régénération absente}$ $\frac{dSD_i}{dt} = 0.125 \times \frac{dN_i}{dt}$ $\frac{dSBA_i}{dt} = 0.013 \times \frac{dN_i}{dt}$
Mortalité
$\frac{dN_m}{dt} = \left\{ \frac{1}{1 + \exp(1.444 - 0.001 N)} \right\} \times \{0.388 SBA \times (1 - \exp(-0.001 N))\}$ $\frac{dSD_m}{dt} = 1.573 \times MBA \times \frac{dN_m}{dt}$ $\frac{dSBA_m}{dt} = 0.448 \times MBA \times \frac{dN_m}{dt}$
Accroissement(*)
$\frac{dSD_s}{dt} = 0.694 \times MD^{-0.857} \times (1 - \exp(-0.002 N))$ $\frac{dSBA_s}{dt} = 0.353 \times MBA^{-0.078} \times (\exp(-0.001 N))$ $\frac{dSBA_s}{dt} = 0.514 \times MBA^{-0.131} \times (\exp(-0.892 MBA))$ $\frac{dSBA_s}{dt} = 0.514 \times MBA^{0.131} \times (1 - \exp(-0.892 N))$

Avec : N, MD, SBA, MBA : respectivement, le nombre d'arbre/ha, le diamètre moyen en m, la surface terrière en m²/ha, la surface terrière moyenne en m²/ha, initiaux ; N_i, SD_i, SBA_i : le passage à la futaie en, respectivement, nombre à l'ha, somme de diamètres en m à l'ha, surface terrière en m²/ha ; N_m, SD_m, SBA_m : la mortalité en, respectivement, effectif à l'ha, somme de diamètres en m à l'ha, surface terrière en m²/ha ; SD_s, SBA_s : l'accroissement des arbres sur pied en, respectivement, somme de diamètres en m à l'ha, surface terrière en m²/ha. (*) Le calcul de l'accroissement en surface terrière est basé sur trois équations différentes. La première a été présentée par Khatouri et Denis (1990). La seconde et la troisième ont été présentées par Khatouri(1988). Dans nos essais, ni la première équation ni la deuxième n'ont pu donner des résultats satisfaisants, à partir de la 8^{ème} période, les

³⁵ L'algorithme est décrit sur le site : http://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9thodes_de_Runge-Kutta

solutions générées par ces deux équations divergent et ne permettent plus d'estimer les structures des peuplements.

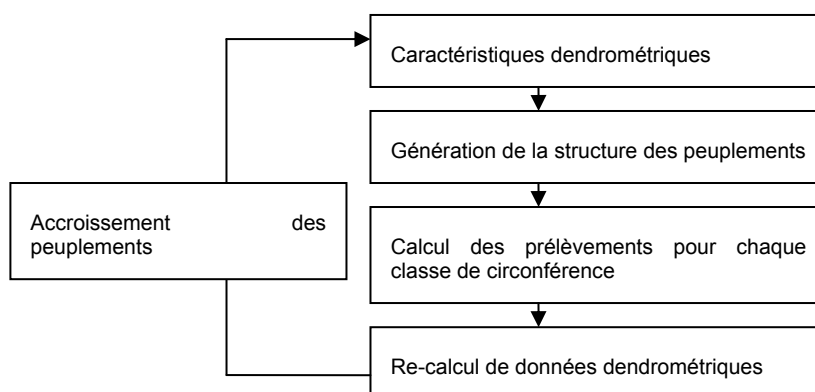


Figure 10. Principes de la simulation de peuplements utilisée

L'usage de la distribution de Weibull est justifié par la diversité des formes qu'elle offre, par la facilité de son intégration ainsi que par la possibilité, via une approche mathématique, du recours aux caractéristiques globales des peuplements pour générer ses paramètres et, par conséquent, la structure des peuplements. Plusieurs auteurs l'ont utilisée (Cavalovic et al., 2006 ; Condez et Sterba, 2008 ; Graz, 2008 ; Palahi et al., 2007 ; Temesgen et Gadow, 2004). Dans leur comparaison de cette distribution avec d'autres distributions, Palahi et al. (2007) confirment ses meilleures performances pour la modélisation de la structure des peuplements. Cette fonction de probabilité se présente sous la forme suivante :

$$f(x; a, b, c) = \frac{c}{b} \times \left(\frac{(x-a)^{c-1}}{b} \right) \exp \left(- \left(\frac{x-a}{b} \right)^c \right) \quad \forall 0 \leq a \leq x \leq \infty ; \text{ et } b, c \geq 0 \quad (\text{Eq. 4})$$

Si non $f(x; a, b, c) = 0$

Avec a : paramètre de location, b : paramètre d'échelle et c : paramètre de forme. Si : $c \leq 1$ la fonction prend la forme d'une courbe sous la forme de J inverse ; $c=1$ d'une loi exponentielle et pour $c > 1$ elle prend une large variété de formes : $c=2$ elle approche la distribution χ^2 et pour $c=3,6$ elle approche la distribution normale (Merganic et Sterba, 2006).

L'estimation des paramètres de la loi de Weibull peut être basée sur des méthodes graphiques ou sur des méthodes analytiques. Ces dernières comprennent l'utilisation de la méthode du maximum de vraisemblance, la méthode des percentiles, la méthode des moindres carrés ou la méthode des moments (Al-Fawzan, 2000 ; Merganic et Sterba, 2006). Dans notre

mise en œuvre, on se basera sur l'implémentation de la méthode des moments. Soit $E(x^k)$ le moment d'ordre k :

$$E(x^k) = \int_0^{\infty} x^k f(x, \theta) dx \quad (\text{Eq. 5})$$

$$= \int_0^{\infty} x^k \left(\frac{c}{b} \right) \left(\frac{x-a}{b} \right)^{c-1} \exp \left(- \left(\frac{x-a}{b} \right)^c \right) dx$$

Dans une distribution des diamètres, l'estimateur non biaisé du moment d'ordre 1 correspond au diamètre moyen des peuplements, celui d'ordre 2 correspond à la moyenne des carrés des diamètres du peuplement.

Si on procède à un changement de variable $w = \left(\frac{x-a}{b} \right)^c$ et à l'intégration des moments d'ordre 1 et d'ordre 2 on arrive aux équations suivantes et dont la résolution permet de déterminer les paramètres de la distribution de probabilité. Le même résultat a été généralisé par (Gove, 2003)³⁶.

$$b = \frac{\bar{D} - a}{\Gamma \left(1 + \frac{1}{c} \right)}$$

$$\bar{D}^2 - a^2 - 2ab\Gamma \left(1 + \frac{1}{c} \right) - b^2 \Gamma \left(1 + \frac{2}{c} \right) = 0 \quad (\text{Eq. 6})$$

avec a, b et c : paramètres de la distribution ; $\bar{D}$: diamètre moyen ;

$\bar{D}^2$: moyenne des carrés des diamètres

$$\Gamma(x) \text{ la distribution gamma : } \Gamma(y) = \int_0^{\infty} z^{y-1} \exp(-z) dz$$

La stratégie de résolution des équations (6) se base sur le fait que la fonction de probabilité est croissante en c . Donc, un algorithme de type secant peut être utilisé pour sa résolution. Une traduction du code source de

³⁶ Pour la distribution de Weibull à deux paramètres (b et c), Weisstein (2008) rapporte d'après Mendenhall et Sincich (1995), l'équation suivante du moment d'ordre k $E(k) = b^k \Gamma \left(1 + \frac{k}{c} \right)$.

En procédant au changement $k=x+a$ et en appliquant le théorème binomial, Gove (2003) est parvenu à sa généralisation : $E(k) = \sum_{i=0}^k \binom{k}{i} a^i b^{k-i} \Gamma \left(1 + \frac{k-i}{c} \right)$

cet algorithme (contenu dans la bibliothèque FBMATH³⁷) en Visual Basic 6 a été utilisée à cette fin (annexe 4).

Une fois que les paramètres de forme et d'échelle de la loi de probabilité sont identifiés, la détermination des effectifs par classe de circonférence se base sur l'équation suivante (Eq. 7)

$$N_i = N [\exp(-w_l) - \exp(-w_u)]$$
$$w_l = \left(\frac{c_l - a}{b} \right)^c \quad \text{et} \quad w_u = \left(\frac{c_u - a}{b} \right)^c \quad (\text{Eq. 7})$$

Avec : N : effectif d'arbres à l'ha disponible dans l'unité de gestion ; Ni : effectif d'arbres de la classe de circonférence ci ; cl et cu : la limite, respectivement, inférieure et supérieure, de la classe de circonférence ci.

Comme il a été souligné par plusieurs auteurs (Nanang, 1998 ; Merganic et Sterba, 2006), la distribution de Weibull n'est pas conseillée pour des peuplements de jeunes classes d'âge. Merganic et Sterba (2006) l'ont conseillée pour des classes de diamètres supérieurs à 7cm. Pour mieux répondre à cette contrainte, le diamètre précomptable considéré dans nos simulations a été fixé à 10 cm.

4.5 EVALUATION ET COMPARAISON DES SCÉNARIOS

A l'issue de l'identification des différentes composantes des alternatives et de la simulation de l'évolution des peuplements, des « forêts futures » associées aux différentes alternatives seront identifiées (description à une période donnée de l'horizon de planification). Lors de cette mise en œuvre, les informations relatives aux états futurs et qui portent aussi bien sur l'emplacement des interventions que sur la structure des peuplements à chaque période de planification sont enregistrées. Ces informations constitueront la matière de base pour l'évaluation des scénarios-alternatives.

L'évaluation consiste en l'identification d'un ensemble de critères et indicateurs, le jugement des scénarios-alternatives par rapport à ces derniers et leur comparaison en ayant recours à une méthode multicritère d'aide à la décision.

³⁷ La bibliothèque FBMATH est développée avec le langage FREEBASIC. Elle implémente plusieurs méthodes numériques (fonction gamma, algorithme Runge-Kutta, Secant, ...etc.). Elle est disponible en code source sous licence LGPL sur le site <http://largeint.sourceforge.net/>.

4.5.1 Les critères d'évaluation

Les critères et indicateurs constituent *“des éléments, des préoccupations ou des variables susceptibles d'influencer le décideur au moment de la prise de décision”* (Rousseau et al., 1998). La définition de ces critères revêt une importance capitale. Elle doit faire l'objet de négociations entre les différents acteurs. Cependant une multiplicité de critères pourra accroître le risque de confusion entre les différents points de vues et compliquer le processus décisionnel (Tille, 2000). Ainsi, il a été fortement recommandé d'en limiter le nombre.

Dans le contexte forestier, ces critères doivent être clairement identifiés idéalement à partir des critères et indicateurs (C&I) de gestion durable des forêts. Ils doivent constituer l'aboutissement d'une concertation avec les principaux acteurs concernés.

Les critères d'évaluation permettront d'apprécier les objectifs de gestion envisagés et de différencier les différents scénarios-alternatives. Ils doivent remplir un certain nombre d'exigences pour constituer une famille cohérente et être utilisables par les méthodes multicritères d'aide à la décision. Les C&I retenus seront présentés et discutés dans le chapitre relatif à l'évaluation des alternatives associées aux scénarios.

4.5.2 Comparaison multicritères des scénarios-alternatives

L'évaluation des scénarios-alternatives sur base des différents critères et indicateurs permet de constituer une matrice des performances. Cette dernière comporte les notes de chaque scénario par rapport à chacun des indicateurs et constitue un préalable à la comparaison multicritère des scénarios.

Les méthodes multicritères permettront de dégager le(s) scénario(s) réalisant le meilleur compromis acceptable. La présentation de la méthode utilisée et les raisons justifiant son choix seront détaillées après les critères d'évaluation et ce dans le chapitre relatif à l'évaluation des alternatives associées aux scénarios.

4.6 CONCLUSION

En fonction de la nature des décisions, la démarche proposée comporte deux niveaux. Le premier relatif aux décisions stratégiques ; il se base sur deux composantes qui peuvent être conduites de manière indépendante. La première se base sur la programmation linéaire pour déterminer les niveaux optimaux des objectifs stratégiques quantifiables. La seconde se base sur la construction de scénarios prospectifs et sur le choix du meilleur d'entre eux. Les scénarios sont traduits en alternatives d'aménagement comportant un ensemble d'interventions visant la recherche de la multifonctionnalité. L'évaluation des scénarios-alternatives et le choix du meilleur d'entre eux sous-entendent une simulation de l'évolution des peuplements et intègrent de ce fait les décisions tactiques, deuxième niveau de la démarche. Le choix des décisions tactiques se base sur l'utilisation des algorithmes génétiques et sur la simulation de l'évolution des peuplements. Cette dernière se base sur l'utilisation de la distribution de probabilité de Weibull pour suivre les structures du peuplement et sur les modèles de croissance développés par Khatouri (1987) et par Khatouri et Denis (1990).

La mise en œuvre de la démarche sous-entend de développer une réflexion prospective susceptible de sortir du déterminisme tendanciel, d'explorer de nouveaux sentiers de façon à enrichir le débat et à faire émerger des alternatives susceptibles de concourir à des objectifs multiples, voire même conflictuels et intégrant les aspirations et préférences des acteurs.

Certes les spécificités inhérentes à la pratique forestière et au contexte marocain en particulier, font qu'il demeurerait difficile de parvenir à un scénario/alternative « idéal ». Toutefois, la démarche permet d'éclairer le décideur tout en intégrant les composantes multifonctionnelles et les aspirations d'une multitude d'acteurs ; ce qui est facilité par la mise en œuvre de la composante simulation.

5. ZONE D'ETUDE ET ECOLOGIE DES ESPECES NATURELLES

En matière d'aménagement de territoire, une approche intégrée visant un développement durable doit être liée à l'espace et au temps (Malingreau, 2004). Ces deux échelles permettent en effet de déterminer comment générer ou formuler les différents scénarios d'aménagement, comme elles renseignent sur le niveau de détail des données requises. La démarche adoptée a été appliquée aux conditions de la cédraie du Moyen Atlas d'Ajdir (forêt domaniale). Cette dernière s'insère dans le cadre géographique méditerranéen, et reste grevée de fonctions sociales (récréation, pâturage, prélèvements de bois de feu). L'horizon de planification retenu pour la forêt est de 270 ans.

On présentera dans ce chapitre les critères justifiant le choix de la zone d'étude, puis on abordera cette dernière et enfin on présentera les espèces locales et leur écologie.

5.1 CRITERES DE CHOIX DE LA ZONE D'ETUDE

Le choix de la forêt d'Ajdir comme zone pour la mise en œuvre de la démarche émane de plusieurs raisons :

- Le cèdre constitue l'espèce forestière la plus noble du Maroc. Il contribue pour plus de 90% à la production nationale en matière de bois d'œuvre et d'ébénisterie (Messat, 1986).
- Les cédraies, en tant que formations forestières, ont fait l'objet de plusieurs études et par conséquent elles sont mieux documentées que les autres formations forestières du pays. Dans le même ordre d'idées, un aménagement classique de la cédraie d'Ajdir a été entamé en 2001 ; les résultats de plusieurs études thématiques sont disponibles.
- La cédraie d'Ajdir est de structure irrégulière à jardinée ; ce type de formation reste assez répandu au Maroc à cause de la gestion extensive pratiquée jusqu'aujourd'hui.

- Une approche nouvelle d'aménagement doit tenir compte de la multifonctionnalité de la forêt. La cédraie d'Ajdir, comme toutes les forêts marocaines, fait l'objet d'usages multiples et est, par définition, multifonctionnelle.

5.2 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

5.2.1 Situation géographique

La forêt d'Ajdir est parmi les plus belles cédraies du Moyen Atlas central. Elle s'étend sur une superficie de 24 516 ha. Elle est située dans la province de Khénifra (figure 11) et s'insère dans un rectangle délimité par les points de coordonnées : $P_1:(x_1=492,64 \text{ km}, y_1=273,25 \text{ km})$, $P_2:(x_1=492,64 \text{ km}, y_1=250,53 \text{ km})$, $P_3:(x=516,56 \text{ km}, y=250,53 \text{ km})$ et $P_4:(x=516,56 \text{ km}, y=273,25 \text{ km})$.

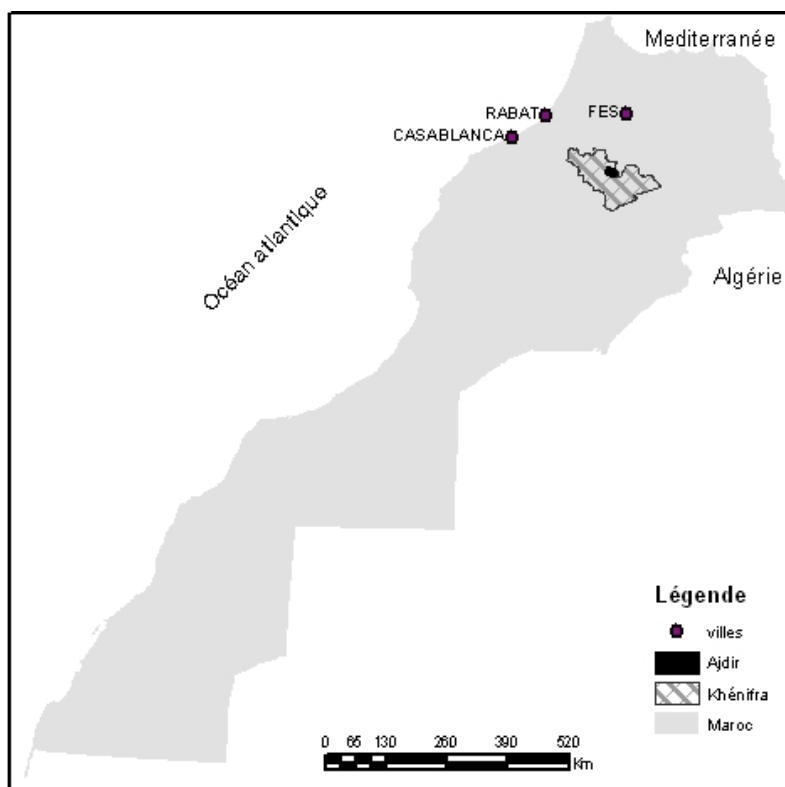


Figure 11. Carte de situation de la zone d'étude

5.2.2 Hydrologie

La forêt d'Ajdir recèle d'importantes ressources hydriques prenant la forme de résurgences karstiques, de *dayas* permanentes, de sources d'eaux et d'oueds. Cette richesse émane du fait que la forêt fait partie du bassin versant d'Oum Rbiaa qui donne naissance à la grande rivière du pays du même nom.

Dans la zone d'étude, les cuvettes ou graben et horst sont nombreuses (TTOBA, 2002). Caractérisées par des bassins versants fermés et/ou des résurgences karstiques, elles forment des lacs permanents (Aguelmame Azegza, Aguelmame Mi'amy et Tiguelmamine). Les sources également nombreuses, constituent les exutoires d'eaux souterraines. Divers oueds peuvent être rencontrés : certains affluents de l'oued Oum Rbiaa au nord de la forêt ; l'oued Srou au sud est un important affluent d'Oum Rbiaa. On rencontre d'autres oueds au régime plus au moins saisonnier, en l'occurrence, l'oued Boudji drainant le plateau d'Ajdir, et l'oued Tibich circulant dans les cantons de Mimejad et Amjoune. L'oued Chbouka, prenant naissance au lac d'Aguelmam Mi'amy, délimite la forêt du sud-ouest. L'oued Boussadar, affluent de l'oued Chbouka, draine le canton du même nom.

5.2.3 Topographie

Le Moyen Atlas est une chaîne montagneuse caractérisée par deux types de paysages : des chaînes étroites faillées, plissées, à reliefs contrastés et orientés Nord-Est/Sud-Ouest formant le Moyen Atlas plissé et des plateaux formant le Moyen Atlas tabulaire. L'altitude de la cédraie d'Ajdir varie de 1 471 à 2 300 m. Les pentes sont nulles sur les plateaux et peuvent atteindre des valeurs extrêmes dans les falaises. 20% de la superficie de la forêt a une pente dépassant 40%. Les figures 12 et 13 présentent respectivement les classes d'altitude et de pente dans la forêt d'Ajdir.

Les cartes de classe d'altitude, de pente ainsi que celle d'exposition ont été dérivées d'un fond topographique digitalisé à partir d'une carte IGN au 1/50 000. Le résultat obtenu peut être accepté avec une erreur standard avoisinant les 10 mètres.

Dans le pourtour méditerranéen, l'exposition constitue un facteur qui influence le bilan hydrique de manière considérable. Avec l'altitude, ils sont les facteurs les plus déterminants de l'installation de plusieurs espèces méditerranéennes (Fontaine et al., 2007). En exposition nord, l'évapotranspiration est réduite de même que les apports hydriques occultes

sont mieux valorisés. La figure 14 reprend la carte des expositions au niveau de la forêt d'Ajdir.

5.2.4 Climat

La pluviométrie moyenne annuelle varie entre 657 et 978 mm. La figure 15 présente les isohyètes calculés par simple interpolation sur la base de la distance inverse des moyennes annuelles (sur un intervalle de 20 ans).

La moyenne des minima du mois le plus froid oscille entre -6,3 à -2,2°C et les moyennes des maxima du mois le plus chaud varient de 21°C à 39°C (constatés dans la ville de Khénifra située à 30 Km).

Le régime pluviométrique est de type HPAE³⁸. Il est caractérisé par l'importance des pluviométries au cours de l'hiver, soit 45% des valeurs moyennes annuelles et par une sécheresse prononcée au cours de l'été. La saison froide s'étale sur 3 à 6 mois.

L'ambiance bioclimatique (au sens de la classification d'Emberger) est le subhumide à humide avec des variantes fraîches à froides. Si on se réfère à l'indice de Giacobbé, la forêt d'Ajdir se situe dans l'humide. La ville de Khénifra est située dans l'aride au sens de la même classification.

5.2.5 Substrat

Le développement des cédraies au Maroc dépend davantage de la roche mère que du sol. Quatre substrats sont rencontrés dans la cédraie d'Ajdir : grès rouge et argiles-marneuses du Trias, dolomie du Lias, calcaires du Lias et de L'Eocène et conglomérats de solifluxions du Plio-Quaternaire (TTOBA, 2002). La figure 16 présente la carte des substrats rencontrés dans la cédraie d'Ajdir. La régénération naturelle est relativement plus abondante sur les dolomies que sur les calcaires.

³⁸ Hiver, printemps, automne et été par ordre décroissant du volume de la tranche pluviométrique saisonnière.

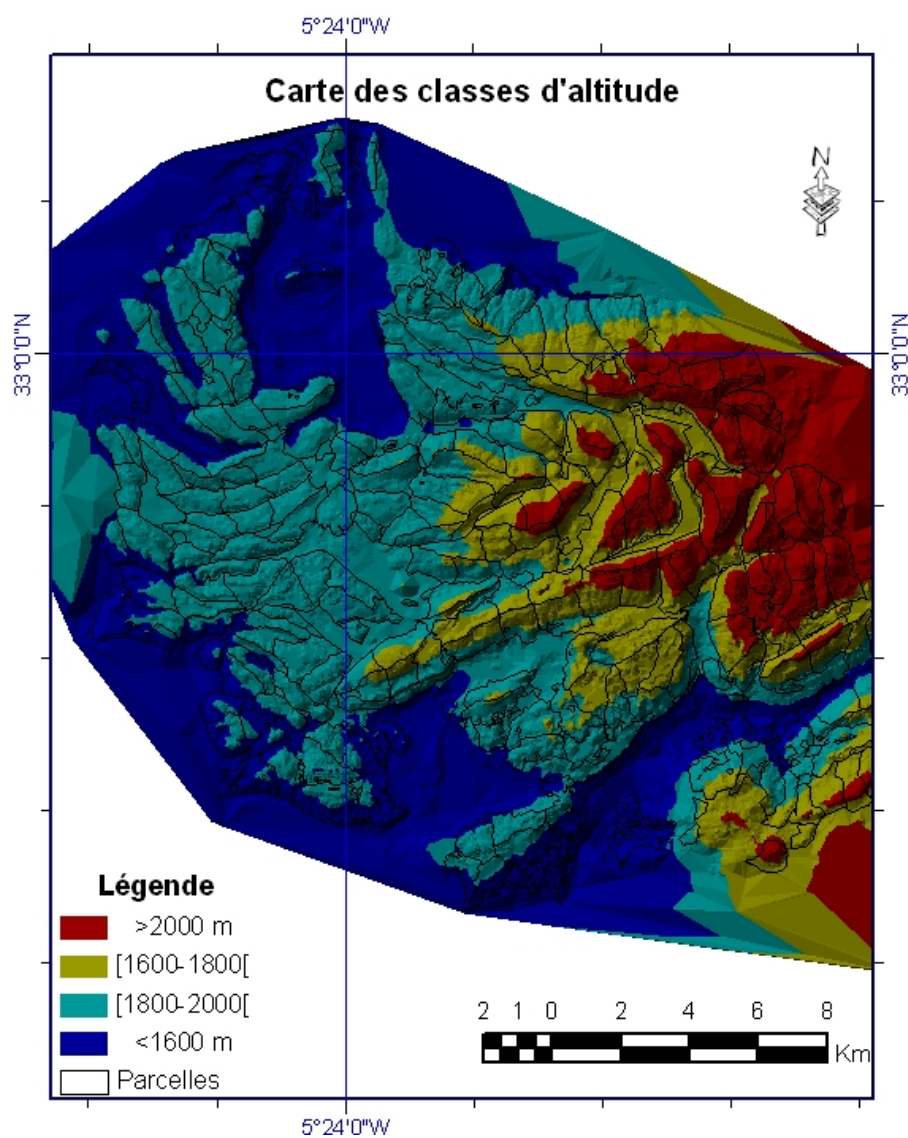


Figure 12. Carte des classes d'altitude de la forêt d'Ajdir*

(*) Les limites des parcelles correspondent aux limites du massif.

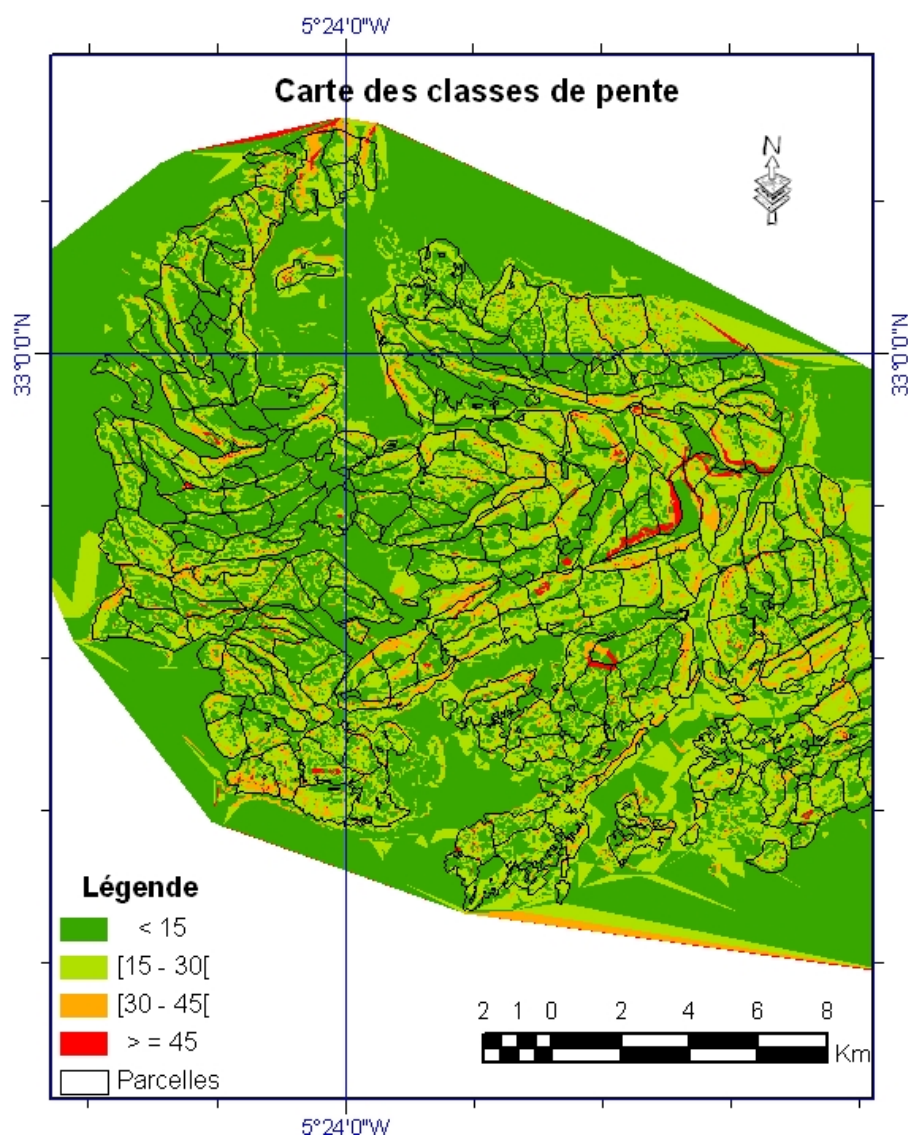


Figure 13. Carte des classes de pentes en % dans la forêt d'Ajdir

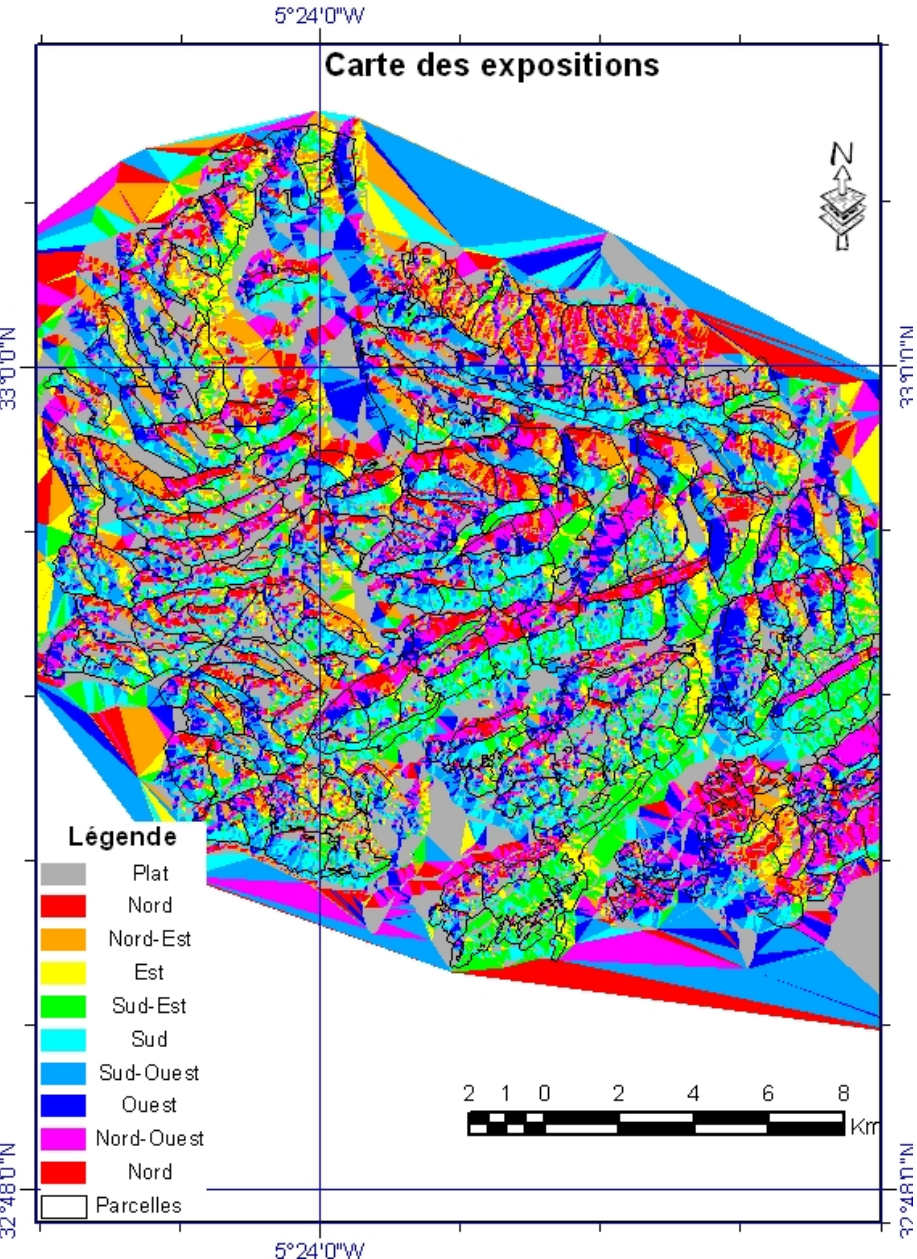


Figure 14. Carte des expositions de la forêt d'Ajdir

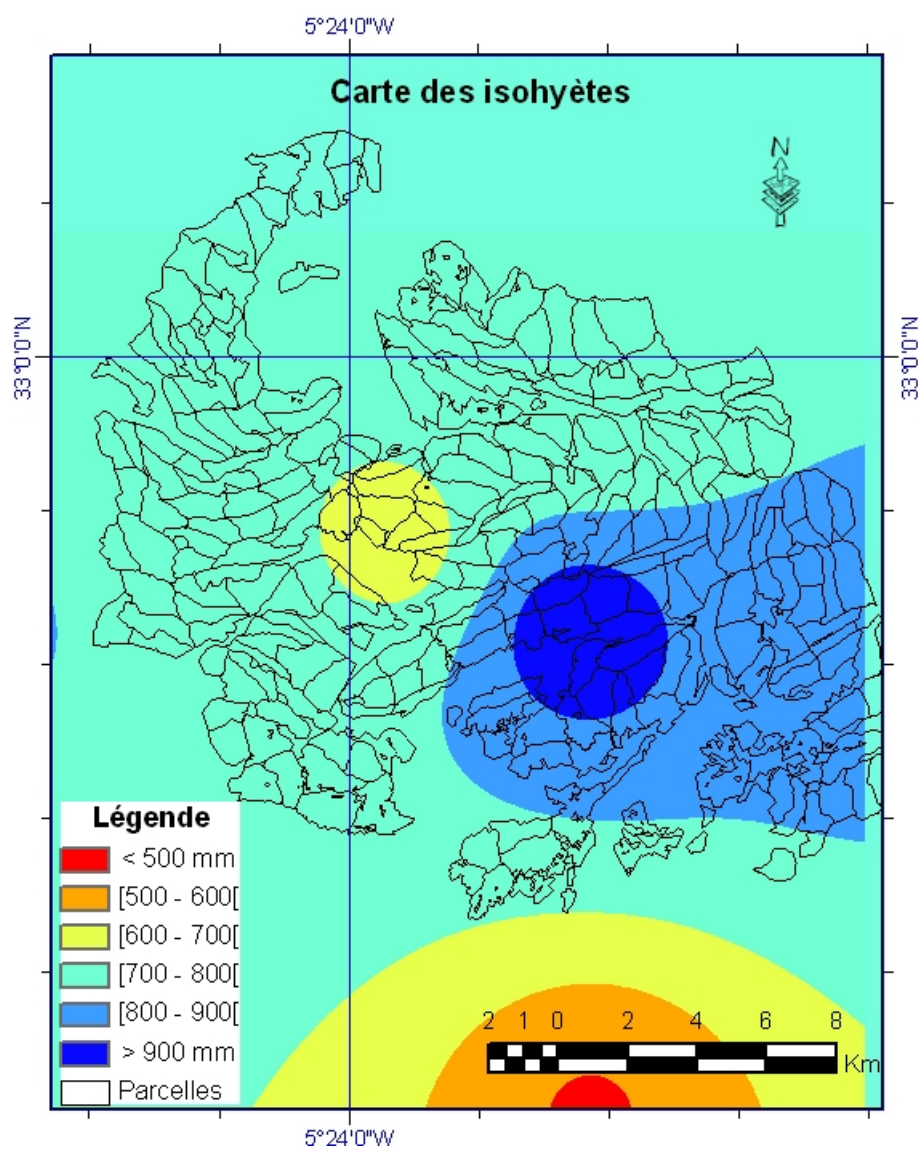


Figure 15. Carte des isohyètes dans la région d'Ajdîr calculées sur la base des pluviométries moyennes annuelles

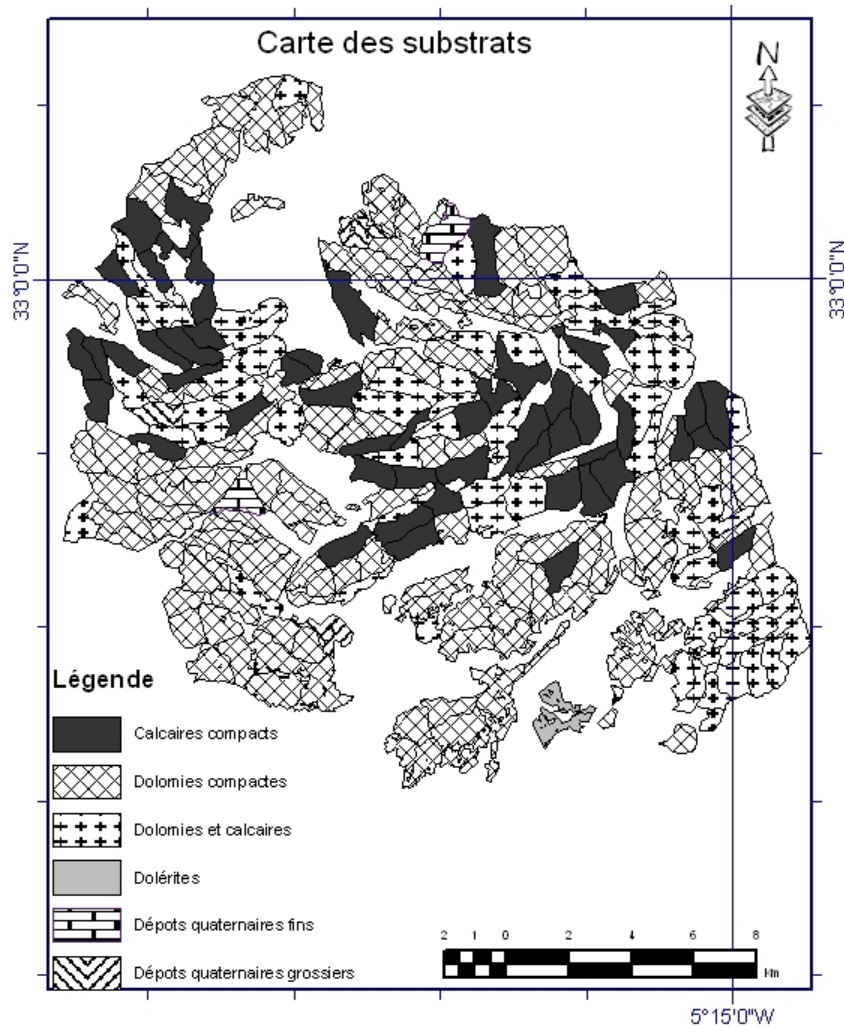


Figure 16. Carte des substrats rencontrés dans la cédraie d'Ajdir d'après TTOBA (2002)*

(*) Les limites des parcelles correspondent aux limites du massif

5.2.6 Végétation forestière

En l'absence de placettes permanentes au Maroc, l'inventaire forestier est basé sur des données issues de placettes temporaires. Dans la mise en

œuvre de l'étude, on s'est contenté des données de l'inventaire réalisé dans le cadre de l'étude d'aménagement d'Ajdir en 2001 (TTOBA, 2002).

Les peuplements forestiers sont constitués de cèdre pur, cèdre en mélange avec le chêne vert et chêne vert pur représentant respectivement, 5%, 65% et 26% de la superficie de la forêt.

Les peuplements de cèdre présentent globalement une structure jardinée à irrégulière avec prédominance de sujets dont la circonférence est comprise entre 40 et 80 cm. Les accroissements varient de 0,66 à 2,33m³/ha/an avec un volume sur pied allant de 57 à 286 m³/ha. La structure irrégulière est le fruit des pressions auxquelles a été assujettie la forêt : surpâturage, exploitation délictueuse et pratiques forestières (envisagées par le premier règlement d'exploitation visant le rajeunissement de la cédraie).

La carte des types de peuplement a été traitée pour avoir la carte des compositions (figure 17) et ensuite pour obtenir une carte des stades de développement des peuplements de cèdre (figure 18). Les strates caractérisées par la présence de peuplements déperissants ont été considérées comme faisant partie d'un état de développement particulier et ce pour bénéficier d'un traitement approprié.

5.2.7 Milieu zoologique

La forêt d'Ajdir recèle un nombre d'espèces animales relativement important : mammifères, oiseaux et faune piscicole.

Les principales espèces de mammifères rencontrées sont le singe, le sanglier, le lapin et le lièvre. Le singe rencontré est le magot (*Macaca sylvana*). Il est le seul singe de l'Afrique du Nord (El Yousfi, 1994). Le sanglier constitue une espèce de grand intérêt cynégétique préférant les zones de quiétude. Il est rencontré dans les peuplements fermés. Ses effectifs sont faibles et ne constituent aucun danger pour la population locale et ses cultures. Le lapin est une espèce ayant un intérêt cynégétique certain. Il est observé dans les milieux ouverts à proximité des enclaves et en bordure des massifs. Le lièvre est relativement plus abondant. Comme pour le lapin, il préfère les peuplements clairs et les bordures des terrains de culture. Il est souvent braconné.

Les principaux oiseaux rencontrés sont des passereaux (corbeaux, grives, geais et pies bavardes). Le corbeau reste l'espèce la plus abondante ; il gîte dans les falaises rocheuses surtout près des lacs et plus particulièrement celui d'Aguelmame Azegza (TTOBA, 2002).

La forêt d'Ajdır recèle d'importantes potentialités piscicoles. On rencontre, dans ses plans d'eau, la truite fario, le barbeau, le rotengle et le brochet. On trouve également des espèces introduites en l'occurrence le black bass, le gardon, la perche et la carpe (Chilasse et al., 2001; Chilasse et Dakki, 2004).

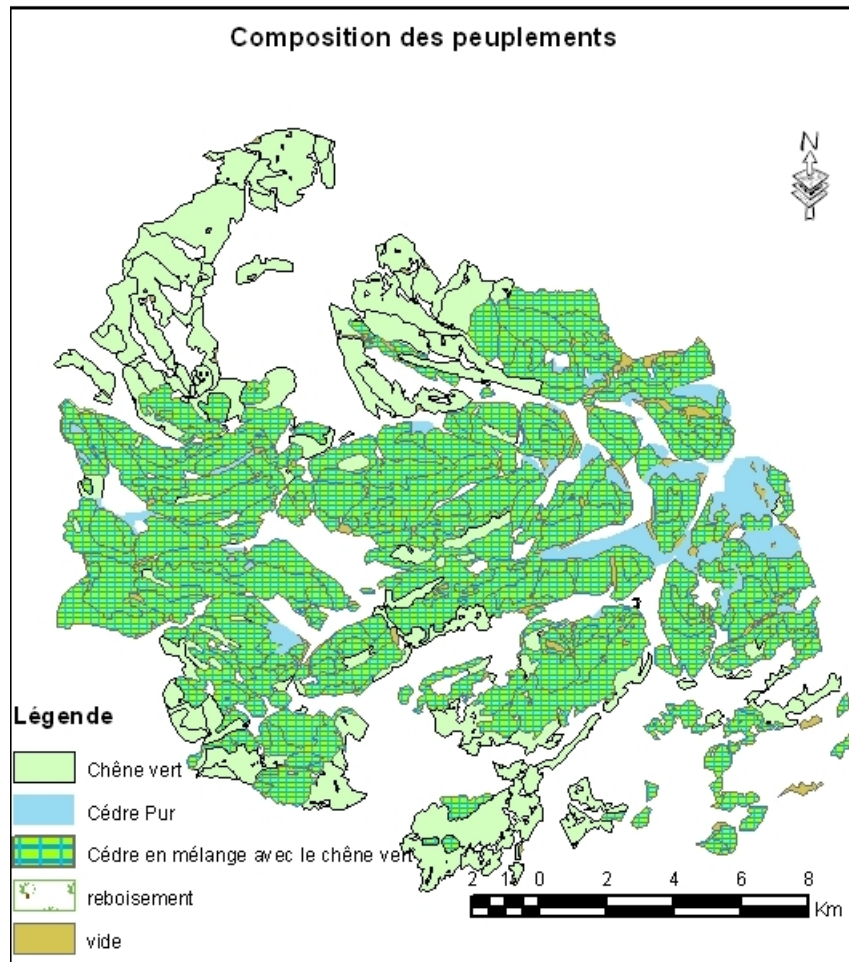


Figure 17. Carte de la composition des peuplements de la cédraie d'Ajdır d'après TTOBA (2002)

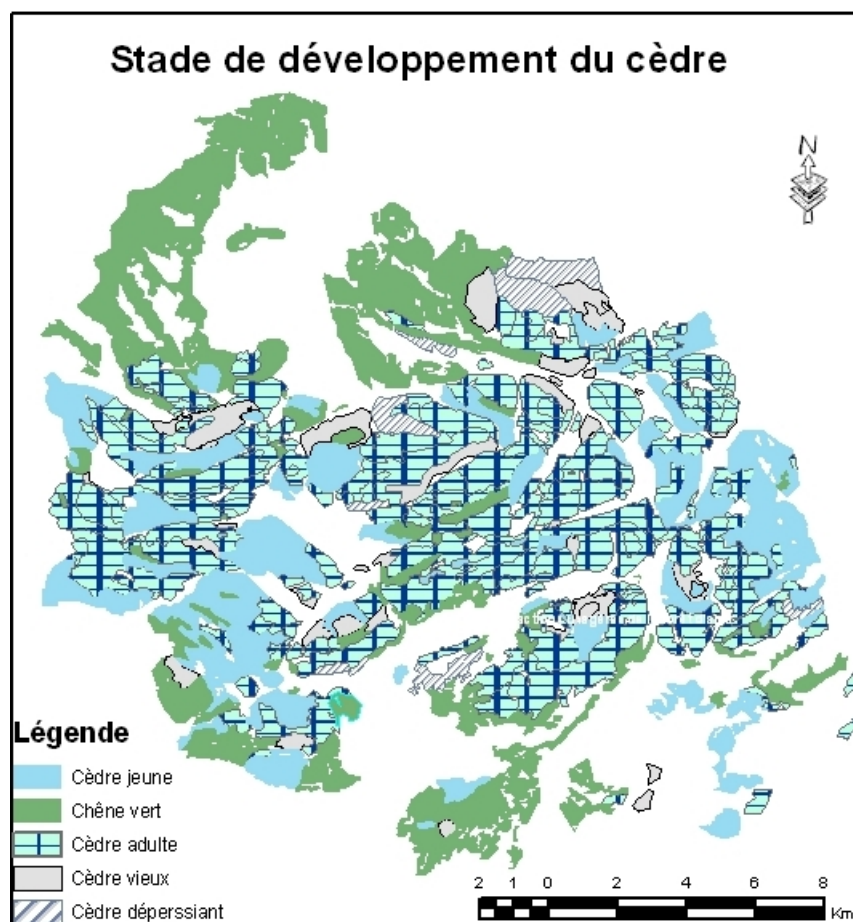


Figure 18. Carte des stades de développement des peuplements de cèdre de la forêt d'Ajdir d'après TTOBA (2002)

5.2.8 Données socio-économiques

Les populations usagères de la forêt d'Ajdir appartiennent à 18 douars (villages). Elles s'organisent en quatre fractions (un diagnostic socio-territorial plus détaillé sera présenté au chapitre 6). Chacune de ces fractions dispose d'un parc pastoral (figure 19).

Les populations sont caractérisées par un niveau de vie très bas et par un taux d'analphabétisme assez élevé qui atteint 70% (90% chez les femmes). Le système d'exploitation prépondérant est de type agrosylvopastoral avec prépondérance de l'élevage. Le parcours en forêt est quasi permanent avec

un cheptel de l'ordre de 45 009 unités petit bétail (UPB) ; le déficit fourrager varie de 27% à 60% selon les fractions (chapitre 6) et les périodes de l'année. Le surpâturage est amplifié par les sécheresses répétées qui conduisent à une prolongation de la période de séjour des animaux en forêt.

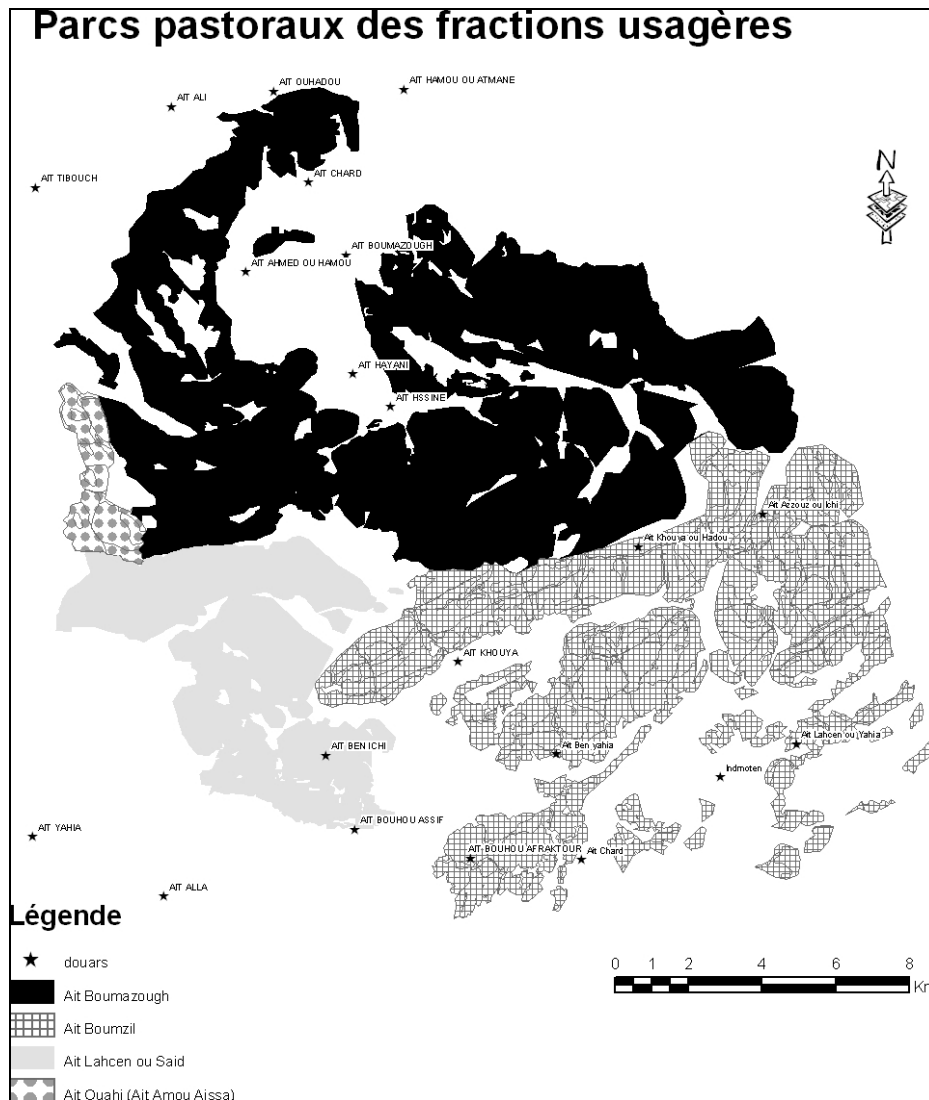


Figure 19. Carte des parcs pastoraux de la forêt d'Ajdír

5.2.9 Potentiel écotouristique

De par les beaux peuplements, les résurgences karstiques, les points d'eau pittoresques ainsi que les deux sites d'intérêt biologique et écologique (SIBE) classés qui y sont rencontrés, la forêt d'Ajdir constitue un pôle attraction écotouristique par excellence.

En plus de son potentiel, son attractivité est améliorée par son voisinage du parc national d'Ifrane et sa prochaine intégration dans le futur parc de Khénifra.

5.2.10 Gestion antérieure

A partir des années 1940, l'exploitation dans la cédraie d'Ajdir fut réglementée ; ainsi un règlement d'exploitation inspiré de l'aménagement de la cédraie de Sidi M'Guild a été adopté, et des mises en défens de 24 ans ont été prescrites. En 1978 une approche prenant en compte aussi bien la composante sociale que les contraintes auxquelles elle est assujettie fut prônée dans le cadre du premier aménagement élaboré par le CRIA (centre régional des études d'inventaire et d'aménagement) de Meknès. Cet aménagement est arrivé à terme en 2001 et une révision fut proposée.

5.3 PRÉSENTATION ET ECOLOGIE DU CÈDRE DE L'ATLAS

Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*), ou « Arz El Atlas » en arabe, ou « Idkil » ou « Idil » en berbère, fait partie de l'ordre des Pinales, de la famille des Pinacées, de la sous-famille des Abietées et du genre *Cedrus* Trew ; ce genre se compose de quatre espèces : *Cedrus atlantica* Manetti, *Cedrus deodara* Loudon, *Cedrus libani* Link, *Cedrus brevifolia* Henry (Debazac, 1964).

Le cèdre de l'Atlas est un grand arbre de dimensions remarquables en hauteur et en circonférence. Il peut atteindre 65 m de hauteur et 8 m de circonférence dans son milieu naturel (Alaoui, 1990 in El Azzouzi, 1995). Son fut est droit et élancé, son port est pyramidal au stade jeune avec des ramifications de premier ordre souvent redressées ; avec l'âge, la cime s'aplatit formant une table.

Cette essence forestière, reconnue pour sa longévité millénaire, constitue l'arbre noble des forêts du Maroc et de l'Algérie. Les cédraies sont considérées comme les seuls peuplements naturels de la forêt nationale apte à fournir un bois d'œuvre de qualité.

5.3.1 Répartition et écologie du cèdre de l'Atlas

5.3.1.1 Répartition géographique

En Afrique du Nord, Les cédraies s'organisent en sept blocs dont quatre au Maroc et trois en Algérie (figure 20).

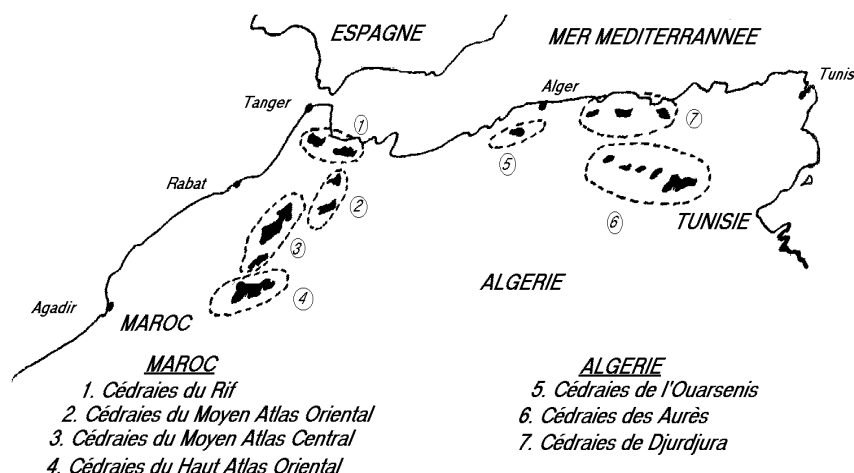


Figure 20. Répartition actuelle du cèdre de l'Atlas d'après M'hirit (1994)

Les cédraies marocaines se répartissent comme suit :

- **Les cédraies du Rif** : d'une superficie de l'ordre de 15 000 ha, elles formaient de très belles futaies allant de Chefchaouen à Targuiste.
- **Les cédraies du Moyen Atlas oriental** s'étendent sur environ 23 000 ha ; elles s'individualisent en petits îlots dans les massifs de Tazekka, Bou Iblane, Taffert et Tamtroucht au nord, et dans les massifs de Bou Naceur et Gueb Errahal au sud.
- **Les cédraies du Moyen Atlas central** : c'est le bloc le plus important du Maroc. Ce bloc couvre une superficie avoisinant 75 000 ha et comporte deux groupes : le groupe du causse Moyen Atlasique tabulaire au nord (où s'organisent les plus vastes et les plus beaux peuplements) et le groupe du Moyen Atlas plissé au sud, développé sur des reliefs très accidentés.
- **Les cédraies du Haut Atlas oriental** : d'une superficie approximative de 20 000 ha, elles sont développées sur les versants nord de Jbel

Layachi et de Jbel Masker. Elles sont très dégradées et en continuelle régression.

5.3.1.2 *Ecologie du cèdre*

5.3.1.2.1 Les exigences climatiques

Le cèdre de l'Atlas est considéré comme une espèce montagnarde. Il forme des peuplements bienvenants principalement en variantes fraîche, très froide à extrêmement froide des étages bioclimatiques subhumides, humides et perhumides (Emberger, 1938 ; Sauvage, 1963 *in* Ezzahiri, 1989). C'est une essence plus exigeante que le chêne vert qui lui est souvent associé. Cependant, il résiste mieux que ce dernier aux neiges et aux basses températures qui peuvent atteindre -25°C .

Les influences océaniques dont la cédraie du Rif bénéficie, font qu'elle est nettement plus humide et moins froide que celle du Moyen Atlas et du Haut Atlas.

Le cèdre se développe dans la tranche pluviométrique allant de 500 à 1 700 mm/an et ce en fonction de l'altitude. Il peut supporter une pluviosité faible ou irrégulière sur un sol qui lui offre un bilan hydrique favorable.

5.3.1.2.2 Les exigences édaphiques

Le cèdre est indifférent à la composition chimique du sol mais sa constitution physique joue un rôle prépondérant (Boudy, 1950). En effet, il se développe sur divers substrats : basalte, grès, schistes, calcaires, calcaires dolomitiques et dolomies. Au Rif, la cédraie se développe sur des substrats quartzeux schisteux, gréseux et calcaires. Au Moyen Atlas, elle est rencontrée sur des sols issus des roches mères basaltiques, dolomitiques, marno-calcaires et calcaires. Au Haut Atlas, c'est sur les marno-schistes et calcaires que ces forêts s'installent (Quezel, 1980 *in* Ezzahiri, 1989 ; M'hirit, 1994).

5.3.1.2.3 Les limites altitudinales

Au Maroc, les cédraies s'étagent principalement entre le montagnard méditerranéen et l'oroméditerranéen. Cependant, elles peuvent occuper aussi l'étage supraméditerranéen (Till, 1985 *in* Ezzahiri, 1989). La limite inférieure du cèdre se situe à 1 400 m dans le Rif, 1 500 m dans le Moyen Atlas et 1 800 m dans le Haut Atlas. Pourtant, il peut descendre à des niveaux encore plus bas là où des microclimats locaux plus humides et des

expositions favorables sont rencontrés (certains talwegs). La limite supérieure varie également selon les régions et il peut monter jusqu'à 2 400 m. Le tableau 8 résume les principales caractéristiques ombrothermiques des cédraies marocaines.

Tableau 8. Caractéristiques ombrothermiques du cèdre de l'Atlas d'après M'Hirit (1994)

Types de cédraies	Latitude (N)	Limites Altitudinales (m)	Précipitations annuelles (mm)	Températures extrêmes °C	
				Maximum	Minimum
Rif occidental	35°01-35°53	1 400 à 2 300	1 390 à 1 786	24,1 à 28,3	-5,6 à -0,2
Rif central	34°55-35°35	1 500 à 2 400	1 257 à 1 707	23,7 à 28,8	-5,6 à -0,4
Rif oriental	33°50-35°07	1 700 à 2 200	906 à 1 311	24,6 à 26,6	-5 à -1,8
Moyen Atlas tabulaire	33°08-33°44	1 500 à 2 000	871 à 1 066	27,6 à 30,9	-4,7 à -0,5
Moyen Atlas oriental	32°36-33°05	1 800 à 2 000	615 à 927	26,5 à 28,7	-6,4 à 3
Haut Atlas oriental	32°16-32°53	1 800 à 2 400	499 à 799	23,2 à 29,6	-8,3 à -3,1

Pujos (1964) avait défini trois types de cédraies dans le Moyen Atlas:

- ⊙ La cédraie basse ou cédraie tempérée (1 600 – 1 800 m), développée sur le causse Atlasique (Ifrane, Azrou, Ain Leuh), se caractérise par des peuplements jeunes en mélange avec le chêne vert et le chêne zeen.
- ⊙ La cédraie moyenne ou intermédiaire (1 800 – 2 000 m), située sur le versant atlantique et occidental du Moyen Atlas, se caractérise par une forte densité et une bonne productivité. On y trouve les plus belles futaies.
- ⊙ La cédraie haute ou d'altitude (2 000 - 2 400 m), sous forme de vieilles futaies, occupe les hautes régions du Moyen Atlas plissé. Elle peut être mélangée au genévrier thurifère ou au chêne vert. Ce dernier se trouve à l'état rabougri à cause du froid.

5.3.2 Sylviculture du cèdre

5.3.2.1 *Modes de traitement sylvicole*

La régénération irrégulière de la cédraie marocaine constitue le facteur déterminant le mode de traitement à prescrire. Les deux modes sont utilisés : la futaie régulière et la futaie jardinée.

En dépit de la structure des peuplements (souvent caractérisés par un manque de régénération), la futaie régulière reste le mode le plus répandu

au Maroc à cause de la facilité de sa mise en œuvre et de la simplicité de son suivi. En futaie régulière, la conduite des peuplements est basée sur la régénération par des coupes progressives et sur l'amélioration et l'éducation des peuplements au moyen des éclaircies productives (M'Hirit, 1990). La méthode de groupe de régénération stricte est appliquée là où la régénération ne pose pas de problèmes et celle du groupe de régénération élargie là où la régénération fait défaut (Ezzahiri et Belghazi, 2000).

La futaie jardinée n'est pratiquée que sur de petites échelles. Ceci émane des difficultés du suivi des peuplements ainsi que des problèmes sociaux et réglementaires engendrés par la mise en défens des parcours. L'application de ce mode de traitement à la forêt de Seheb a donné des résultats encourageants. De même, il a été démontré que les phénomènes de dépérissement sont plus rares dans les structures liées à ce type de traitement (Derak et al., 2008).

Deux types de jardinage sont appliqués au Maroc : le jardinage intensif réservé aux futaies en équilibre et le jardinage extensif appliqué aux cédraies marginales où les conditions écologiques et de vidange des produits sont difficiles (Ezzahiri et Belghazi, 2000).

5.3.2.2 Régénération du cèdre

Les problèmes de régénération des cédraies marocaines sont épineux. Les facteurs d'échecs évoqués sont d'ordre anthropique, climatique et écophysiological. Ezzahiri et al. (1994) ont attribué la réussite de la régénération à certains paramètres liés à la station (figure 21) et au peuplement tels que : le climat, la nature du substrat, la profondeur du sol et la structure de la végétation.

Toutefois, l'impact humain reste le facteur déterminant (Ezzahiri, 1989 ; Ezzahiri et Belghazi, 2000).

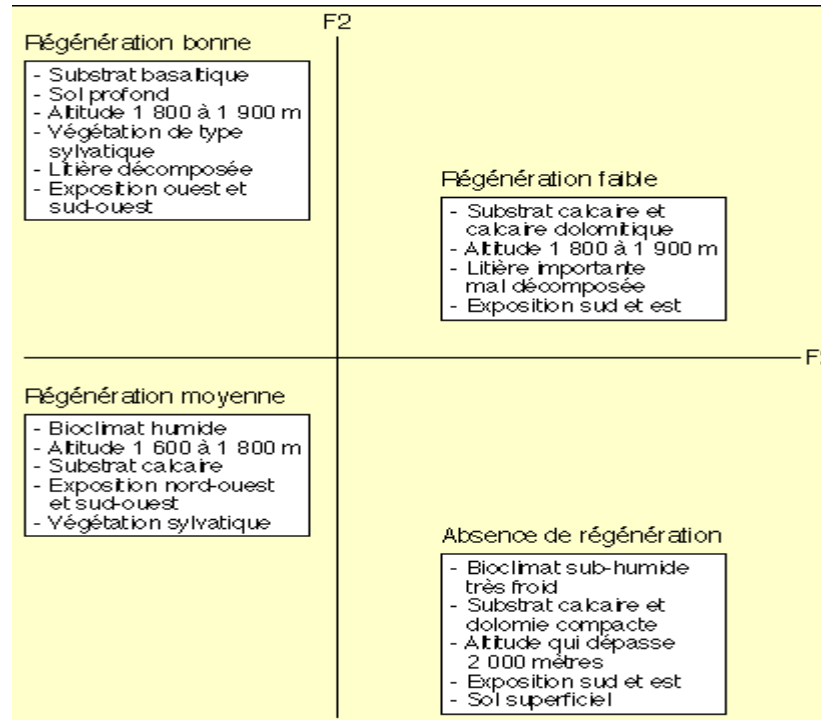


Figure 21. Facteurs influençant la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas d'après Ezzahiri (1989)

5.3.3 Ennemis du cèdre

5.3.3.1 *Les insectes ravageurs*

Le cèdre constitue un habitat favorable pour une faune riche et diversifiée. Plus de 150 espèces d'insectes ravageurs ont été recensées (Mouna, 1982 in El Youssfi, 1994). A ces attaques d'insectes peuvent s'ajouter les maladies cryptogamiques et l'action des mammifères.

5.3.3.1.1 Les défoliateurs

Les phytophages les plus redoutables ou susceptibles de le devenir sont :

- *Thaumetopoea pityocampa* Schiff, ou encore processionnaire des pins, est un lépidoptère des pays méditerranéens. Graf et Mzibri (1994) ont évalué les pertes de croissance entre 17 à 25% pour une infestation moyenne et entre 38 à 57% pour une forte infestation par cet insecte.

- *Thaumetopoea bonjeani* Powell, communément appelé la processionnaire du cèdre, est aussi un lépidoptère. Au Maroc, il est observé dans le Rif et le Moyen Atlas (El Youssfi, 1994). Il attaque des arbres vigoureux quel que soit leur âge. Les dégâts causés sont identiques à ceux de la processionnaire des pins.
- *Acleris undulana* Walsingham, ou tordeuse du cèdre du Liban, s'attaque aux trois espèces du cèdre (*Cedrus atlantica*, *Cedrus libani* et *Cedrus brevifolia*). Au Maroc, ses attaques se limitent au Moyen Atlas (Mouna, 1982 in El Youssfi, 1994).

5.3.3.1.2 Les insectes xylophages et sous-corticaux

Plusieurs insectes xylophages et sous-corticaux attaquent le cèdre. La plupart d'entre eux sont secondaires, n'infestant que les arbres affaiblis (Mouna et Graf, 1994). Les plus importants dégâts observés dans le Moyen Atlas et le Haut Atlas peuvent être imputés à des espèces appartenant à trois familles de coléoptères : Scolytidae, Buprestidae et Cerambycidae (tableau 9).

Tableau 9. Insectes xylophages et sous-corticaux du cèdre au Moyen et Haut Atlas d'après Benhalima (2001 in Amrani, 2002)

Familles	Abondance	Ravageurs inféodés uniquement au cèdre	Ravageurs vivants aux dépens du cèdre et d'autres résineux
Scolytidae	Abondante	<i>Phoesinus cedri</i>	<i>Cryphalus piceae</i>
		<i>Scolytus numidicus</i>	<i>Kissophagus novaki</i>
			<i>Yyloborus saxeni</i>
Buprestidae	Moyennement abondante	<i>Anthaxia chobauti</i>	<i>Anthaxia martini</i>
		<i>Anthaxia marmottani</i>	
		<i>Anthaxia ludovicae</i>	
		<i>Anthaxia corcica maroccana</i>	<i>Acmaeodra degener multipunctata</i>
		<i>Melanophila marmottani boudyi</i>	
Cerambycidae	Relativement faible	<i>Semanotus russica algerica</i>	-
		<i>Callidium cedri</i>	

5.3.3.2 Les champignons xylophages

5.3.3.2.1 Maladie du « M'jej »

Le *M'jej* ou pourriture rouge du cèdre, est causé par le parasite *Trametes pini*. Il s'agit d'un basidiomycète de la famille des polyporacées. Il attaque plusieurs essences à travers le monde. Au Maroc, il s'intéresse principalement au cèdre du Moyen Atlas. L'infection par ce champignon se

fait par les spores au niveau des blessures provoquées par l'écimage, l'écorçage par les singes, la foudre, les bris de réserves, la mortalité des branches et au contact des racines. Les manifestations des attaques sont toujours localisées dans le bois de cœur à différents niveaux du tronc. Le champignon étend son mycélium à travers le bois de printemps qui s'altère plus rapidement que celui d'été riche en résines (Ameziane, 2004). La fructification du champignon peut avoir lieu 15 à 20 ans après l'infestation. Elle constitue le seul signe apparent de l'attaque (présence des carpophores sur le tronc).

Ce champignon déprécie considérablement les qualités physiques et mécaniques du bois. Les pertes peuvent atteindre 30% du volume du bois scié (El Yousfi, 1994).

5.3.3.2 Maladie du « Saboun »

Le *Saboun* ou pourriture cubique du cèdre, est causé par *Ungulina officinalis*. Il s'agit d'un champignon polypore qui dégrade le bois en un ensemble de prismes friables. La pourriture commence à la base du tronc et progresse dans le sens longitudinal. Ce champignon s'attaque de préférence aux vieux sujets. L'infection se fait via les blessures. Les fructifications ont la forme de consoles d'une taille de 15 cm au maximum (El Hassani et al., 1994). Cette maladie est moins fréquente que celle du M'jej.

5.3.3.3 *Les mammifères*

Le Magot (*Macaca sylvana*) est un ennemi de la cédraie. Il s'attaque aux parties apicales des troncs. Il les écorce pour sucer la sève riche en eau et sels minéraux. Ceci conduit au stress des arbres, à leur affaiblissement et à leur dépérissement³⁹ (Zine El Abidine, 2003). En fonction de l'époque de l'année, il s'attaque aussi bien aux arbres adultes, jeunes, semis, qu'aux aiguilles et aux jeunes cônes mâles (SAFBV, 1978 in Amrani, 2002).

L'homme, de par ses différentes activités de pâturage et de prélèvement de bois, constitue la principale menace qui pèse sur les forêts marocaines et sur les cédraies en particulier.

³⁹ Le dépérissement semble être un phénomène très compliqué. Il s'est manifesté avec plus d'acuité en 2001. Certains auteurs l'ont lié à la densité, à la structure et à la composition des peuplements (Derak et al., 2008).

5.3.4 Propriétés technologiques

Le bois de cèdre présente des propriétés technologiques intéressantes. Il est facile à scier. Son séchage est rapide et ne présente pas de difficultés particulières : déformations, fentes ou gerces (Quiquandon, 1976 *in* El Azouzi, 1995). Il peut faire objet de déroulage et de tranchage après étuvage et donne des placages d'un aspect très esthétique (Ameziane, 2004).

Le bois du cèdre de l'Atlas a un rendement assez faible en pâte à papier (environ 45%) ; la longueur de ses fibres laisse prévoir la possibilité du mélange avec celles de pins pour en améliorer la qualité (Toth, 1990 *in* El Azouzi, 1995). Enfin, le bois de cèdre est considéré comme l'un des meilleurs bois qui résistent aux intempéries et à la mérule (Ameziane, 2004).

5.4 PRÉSENTATION ET ECOLOGIE DU CHÊNE VERT

Le chêne vert est l'une des espèces caractéristiques du bassin méditerranéen. Il est très abondant dans tout le Maghreb. Au Maroc, on le rencontre dans toutes les régions montagneuses (Benabid et Fennane, 1994), c'est à ce titre qu'il a été qualifié du "*ciment vivant*" qui relie les massifs forestiers entre eux (Emberger, 1938). C'est une espèce très plastique et très rustique, susceptible de coloniser tous les terrains.

Le chêne vert (*Quercus rotundifolia* Lamk.) est connu au Maroc sous divers noms (*bellout*, *kerrouch*, *tassaft*, *chtab*, *assani*...). Il appartient au genre *Quercus*, famille des Fagacées, ordre des Fagales, classe des Angiospermes et embranchement des Spermatophytes (Schwartz, 1964). La division du genre *Quercus* en espèces a présenté de grandes difficultés du fait de sa complexité écologique et morphologique ; Linné (1953 *in* Lahmini, 1993) avait proposé trois espèces : *Quercus ilex*, *Quercus granutia* et *Quercus smilax*. Schwartz (1964) a décrit deux espèces : *Quercus ilex* et *Quercus rotundifolia*. Selon d'autres auteurs, le nom de chêne vert dans le bassin méditerranéen désigne deux espèces bien distinctes du point de vue écologique, morphologique et géographique (Barbero et al., 1992). En effet, *Quercus ilex* serait une espèce du centre et de l'ouest du bassin méditerranéen et n'apparaît au nord qu'à partir de Valence (Espagne). Le *Quercus rotundifolia* occupe toute la région de l'Afrique du Nord et celle du Sud de l'Europe (Espagne, Portugal). Sur le plan morphologique, Barbero et Loisel (1980) ont évoqué une différence entre les deux espèces portant sur le nombre de nervures. Berrod (1987) a finalement conclu que le *Quercus rotundifolia* ne peut être qu'une forme due au polymorphisme foliaire.

5.4.1 Répartition et écologie du chêne vert

5.4.1.1 Répartition géographique

Le chêne vert est une espèce circum-méditerranéenne. Certains auteurs assimilent sa limite septentrionale à celle du climat méditerranéen. Au Maghreb, le chêne vert figure parmi les espèces importantes du patrimoine forestier (Barbero et al., 1990 ; Bonnin et Romane, 1996). Les superficies estimées par Boudy (1950) s'élèvent à 83 000 ha en Tunisie, 690 000 ha en Algérie et 1 346 000 ha au Maroc.

Le chêne vert peut être toutefois observé en dehors du bassin méditerranéen : les peuplements de la région Cantabrique en Espagne (Barbero et Loisel, 1980), ceux du massif central de la France, et des revers des Alpes en Italie. Il peut remonter plus loin sur la côte atlantique jusqu'en Bretagne et en Angleterre (Schoenenberger, 1980).

Au Maroc, le chêne vert constitue la première essence forestière sur le plan de la surface occupée et du volume de bois de feu. Il s'étend sur 1 379 434 ha (AEFCS, 1996a). On le trouve dans le Rif, Pré-Rif (Jbel Zerhoun), dans l'Oriental, et sur les monts de l'Atlas. Il est toutefois, rare dans l'Anti Atlas où il ne forme des peuplements forestiers que dans le massif de Kest. Ce dernier constitue sa station la plus méridionale (Emberger, 1938).

5.4.1.2 Ecologie du chêne vert

5.4.1.2.1 Exigences climatiques

Le chêne vert occupe des situations écologiques très variées, supportant aussi bien la chaleur que la sécheresse. Il prospère de l'étage semi-aride à l'humide et se développe avec le maximum de vigueur dans le subhumide et l'humide montagnard. D'après Boudy (1950), il est rencontré au Maroc entre les isohyètes annuelles de 300 mm (dans la partie occidentale) et 1 200 mm (Moyen Atlas). Il supporte bien les froids hivernaux où les minimums des températures sont de l'ordre de -20°C , et aussi le gel et la neige qui peuvent durer plusieurs semaines (Schoenenberger, 1975).

5.4.1.2.2 Exigences édaphiques

Le chêne vert est indifférent à la nature chimique du sol, sauf peut être aux sols marécageux. Ces derniers constituent un milieu défavorable (Achhal, 1979). Il se contente des sols les plus médiocres, même peu profonds et

rocaillieux où la concurrence avec d'autres essences est réduite (Gérard, 2001). Il craint l'hydromorphie temporaire. Les sols bruns calcaires et lessivés profonds constituent les meilleures stations pour le chêne vert (Schoenenberger, 1975).

5.4.1.2.3 Limites altitudinales

Le chêne vert présente une grande variabilité altitudinale (Barbero et Loisel, 1980). Il peut être observé dès 200 à 300 m et peut monter jusqu'à 1 200 m dans la partie septentrionale de son aire. Dans la partie méridionale de son aire, il constitue des peuplements continus jusqu'à 2 400 – 2 500 m d'altitude (Ameziane, 2002).

5.4.2 Sylviculture du chêne vert

5.4.2.1 Traitements

La futaie régulière a l'avantage de réduire les risques d'incendie (Trabaud, 1996). Elle donne du bois de meilleure qualité en comparaison aux produits du taillis (Gérard, 2001). Toutefois, le régime du taillis s'avère préférable, et plus encore le taillis-sous-futaie. Le second, en plus de la production du bois, assure une production importante de glands (Morandini, 1981).

Au Maroc, le chêne vert est traité dans la plupart des cas en taillis, la futaie régulière constituant une exception (Ameziane, 2002). Barbero et Loisel (1980) soulignent que, pour les forêts semi-arides et pré-steppiques, le régime du taillis a l'avantage de permettre le développement d'espèces pastorales dans les zones de lumière entre les cépées.

La sylviculture des taillis de chêne vert est caractérisée par l'absence d'interventions entre deux coupes à blanc et présente en général, une certaine constance dans la gestion en ce qui concerne : la rotation, les types d'exploitation et les produits exploités. Ducrey (1996) considère que l'allongement des rotations des taillis de chêne vert peut engendrer deux phénomènes qui ne se passent pas à la même échelle temporelle : le vieillissement de la partie aérienne et celui de la partie souterraine. Toutefois, ceci peut s'avérer inexact dans le cas d'un éventuel affranchissement des nouveaux rejets (cas constaté chez le châtaignier).

Ameziane (2002) a synthétisé d'après M'Hirit (1976) les traitements applicables aux chênaies vertes marocaines et il les a résumés comme suit :

* **Taillis simple.** La régénération se fait par des coupes à blanc-étoc à l'âge de 60 ans. Les productions vont de 60 à 300 stères par hectare. La coupe est suivie d'une mise en défens jusqu'à la défensabilité des rejets (âge à partir duquel le pâturage peut s'exercer sans porter atteinte à la survie des rejets). Dans les taillis denses, il est recommandé de faire un dépressage en enlevant les sujets malvenants et dominés de la cépée.

* **Taillis-sous-futaie.** Il n'est appliqué que lorsque le chêne vert est en mélange avec les résineux qui vont jouer le rôle de réserve. Ce traitement est réservé aux forêts en bioclimats humide et subhumide. Barbero et Loisel (1980) précisent que son application nécessite un contrôle de la charge pastorale.

* **Transformations.** Elles sont applicables aux taillis situés dans des stations de bonnes conditions écologiques et susceptibles de comporter des futaies résineuses : cèdre, pin d'Alep et pin maritime. La mise en œuvre peut se faire selon deux approches : i) installation de résineux par bouquets et dans des placeaux (charbonnières) immédiatement après la coupe rase ou après défrichement limité par placeaux ou par bandes, et ii) installation après défrichement en plein dans les conditions exceptionnelles.

* **Futaie régulière sur souche.** Elle n'est applicable qu'aux forêts en bioclimats humide et subhumide, où les peuplements peuvent donner du bois d'œuvre. Gérard (2001) signale le grand intérêt paysager et de protection contre les incendies de ce traitement. Toutefois, il présente l'inconvénient majeur d'une installation difficile de la régénération naturelle, car les souches trop âgées perdent leur capacité à rejeter. De plus, les semis provenant des glandées disparaissent rapidement, en raison de la forte concurrence pour l'eau et la lumière sous un peuplement fermé, ou encore de la concurrence des rejets après l'ouverture du peuplement (Gérard, 2001). L'ouverture du couvert dans le taillis du chêne vert a pour effet principal d'augmenter la croissance en circonférence des tiges restantes. Son effet sur la croissance en hauteur est légèrement négatif en raison de la descente des cimes (Ducrey, 1999).

5.4.2.2 Régénération

La régénération du chêne vert est très facile par rejets de souche, par semis et rarement par drageons. Au Maroc, la régénération par semis est presque absente et ne joue qu'un rôle secondaire dans la reconstitution des peuplements forestiers malgré l'abondance des glands. Achhal (1979) relève que l'irrégularité de la fructification et la difficulté d'installation des jeunes semis suite à l'impact du surpâturage constituent les facteurs limitant ce type de régénération. Quoique délicate, la régénération par semis n'est

cependant pas impossible. Elle nécessite des interventions sur le couvert arboré afin d'améliorer les conditions micro-climatiques des jeunes plantules (Boisserie, 1990).

5.4.3 Ennemis du chêne vert

5.4.3.1 *Insectes et végétaux nuisibles*

Le chêne vert est une espèce résistante aux différents parasites (Bouri, 1983). Parmi ses ravageurs, le *Cerambyx* attaque le bois sans causer des dégâts importants. Par contre, les attaques du *Lymantria dispar* peuvent induire parfois des défoliations sur de vastes étendues (Boudy, 1950). Ruperez (1962 in Bouri, 1983) cite des défoliateurs typiques du chêne vert d'Espagne : *Catocola nymphagoga*, *Malacosoma neustria*, *Notrix viridina* et *Lymantria dispar*. Dans la région du Moyen Atlas, *Catocola ssp* forme des populations spectaculaires (Lahmini, 1993).

Parmi les végétaux nuisibles du chêne vert, Boudy (1950) et Schoenenberger (1980) signalent la Cuscute (*Cuscuta monogyna*) qui pousse en manchon autour des rameaux et cause leur dépérissement. Les dégâts les plus importants ont été signalés dans la région d'Imouzer Kander au Moyen Atlas (Ameziane, 2002).

5.4.3.2 *Incendies*

Le feu influence la dynamique des communautés végétales et animales (Trabaud, 1996). Selon sa gravité, l'incendie peut causer un retard d'au moins 5 à 6 ans de l'évolution du boisement (Boudy, 1950).

5.4.4 Propriétés technologiques du bois de chêne vert

Oulidi (1979), Khattabi (1981), Ziad (1981) et Baba (1989) ont décrit les caractéristiques technologiques du bois du chêne vert. Il possède de bonnes caractéristiques mécaniques notamment sa résistance et sa flexibilité. Le bois du chêne vert est très lourd et dur. Il est caractérisé par un fort retrait volumique de 17,51% et un rapport entre le retrait tangentiel et radial voisin de 2 ce qui signifie que son séchage est long et délicat.

Baba (1989) a placé le bois du chêne vert entre le sipo et l'azobé qui sont utilisés respectivement en menuiserie et en ameublement. La valorisation de cette ressource, en l'utilisant comme bois de sciage, devra permettre de réduire les importations de bois de qualités similaires et, par conséquent, d'améliorer la balance commerciale (Fechtal et Kerrouani, 1997).

5.5 CONCLUSION

La cédraie d'Ajdir a été retenue comme cadre d'application de la démarche. Ce choix émane de sa multifonctionnalité, de son importance en tant que cédraie et de son rôle social lié à sa situation géographique au Moyen Atlas.

Selon les résultats des études réalisées dans le cadre du plan directeur du reboisement au Maroc, la zone d'étude s'insère dans le cadre du grand ensemble de reboisement du cèdre de l'Atlas (MDCEF, 1998). En absence de toutes perturbations extérieures, les conditions écologiques en présence sont favorables à la végétation naturelle du cèdre.

La zone d'étude recèle des potentialités très importantes. La valorisation de ces dernières et le choix de la meilleure approche pour les gérer sous-entend une bonne compréhension des enjeux qui pèsent sur ces ressources naturelles ; tel est l'objet du prochain chapitre qui portera sur le diagnostic socio-économique et l'étude des vocations de l'espace au niveau de la zone d'étude.

CONCLUSION DE LA DEUXIÈME PARTIE

Les différentes composantes de la démarche envisagée ont été présentées; elles s'inscrivent dans le cadre des méthodes d'agrégation partielle et complète d'aide à la décision.

Les méthodes interactives n'ont pu être abordées en raison de leur caractère trop mobilisateur et de la nécessité de mettre en place des structures de concertation. La démarche suppose donc que le décideur de l'aménagement reste l'administration, le rôle des acteurs sociaux étant intégré dans la phase de diagnostic.

La mise en œuvre des deux familles de méthode s'est appuyée sur une succession de choix, essentiellement en matière de données et d'articulation entre composantes, qui ont dû être faits pour pouvoir mener la démarche jusqu'au bout ; comme tous choix, cela a imposé des contraintes voire des limitations qui seront discutées au fur et à mesure. L'objectif général du travail est d'évaluer la pertinence de ce type de démarche dans le contexte de l'aménagement de la cédraie marocaine. L'évaluation portera essentiellement sur les données mobilisées, les méthodes utilisées et les résultats obtenus.

La présentation de la zone d'étude retenue met en évidence des potentialités et des contraintes ; elle constitue donc un préalable à la mise en œuvre de l'approche envisagée.

PARTIE III :

DIAGNOSTIC SOCIO-ECONOMIQUE ET ETUDE DES VOCATIONS

Cette partie consiste en la présentation et l'analyse des données utilisées par les modèles. Elle comporte le diagnostic socio-économique et l'étude des vocations. Ainsi, les contraintes et les potentialités du milieu aussi bien biophysiques que socio-économiques seront analysées.

6. DIAGNOSTIC SOCIO-ECONOMIQUE ET VOCATIONS DE L'ESPACE

Dans un contexte fragilisé par une pression humaine exacerbée, la prise en compte des dimensions de cette dernière revêt une première importance dans tout processus visant l'aménagement de territoire au sens large et forestier en particulier. Dans cette optique, on s'intéressera dans le présent chapitre à l'appropriation de l'espace. On abordera dans un premier temps la présentation du droit du sol et l'organisation socio-spatiale au niveau de la zone d'étude. On passera dans un deuxième temps à une présentation du contexte socio-économique, puis des unités socio-spatiales, pour ensuite aborder l'étude des vocations de l'espace et enfin présenter une synthèse du diagnostic socio-économique et une conclusion établissant les objectifs à assigner à l'aménagement de la forêt d'Ajdir.

6.1 APPROPRIATION DE L'ESPACE DE LA FORÊT D'AJDIR

6.1.1 Droit du sol

La forêt d'Ajdir est soumise au régime du domaine forestier, propriété privée de l'Etat. Elle a été totalement délimitée et homologuée entre 1955 et 1972 (tableau 8). Toutefois, sa domanialité n'implique pas une maîtrise exclusive de la part de l'Etat. En effet et en vertu des textes législatifs en vigueur, elle est assujettie à des droits d'usage au profit de communautés usagères bien définies (ces unités seront présentées lors de la présentation de l'organisation socio-spatiale).

Tableau 10. Dates de délimitation des différents cantons d'Ajdir

Canton	Date du décret ordonnant la délimitation	Date du PV de Délimitation
Aziza, Tamadoucht, Annouceur, Amjoune, Bou Igouaz, Ilot khab-amane, Irhoud, Miami, Rhmat, Ilot taouragh, Takelalt et ilot Takelalt, Tiguelmamine et ilot Tizi N'Tamejjouiet, Aari ou Hidous, Ajdir, Midoudane, Tizerzerine, Ilot Micourdane, Tigarougui, Ali Ouzrou, Missatene, Mimejad	1963	1972
Bou Cèdre et ilot Addar oujdir	1963	1964
Azerzou, Talaghine, Amouguerchaouen	1947	1955

6.1.2 Organisation socio-spatiale des usagers

6.1.2.1 Fractions usagères

La population concernée par l'usage dans la forêt d'Ajdir peut être décomposée en sept fractions de tribus : les Ait Boumezough, Ait Boumzil, Ait Lahcen ou Said, Ait Bouhamad, Ait Amou Aissa, Ait Mai et Douar Amahroq (Jnane LMass). Ces fractions appartiennent à la confédération de tribus des Zaïanes.

Les parcours de la forêt d'Ajdir sont organisés en quatre parcs pastoraux (tableau 11, figure 19). Les fractions d'Ait Boumzil et Ait Boumezough utilisent la majorité des terrains de parcours. Elles exploitent respectivement 48,95% et 33,24% de la surface de la forêt, le reste étant exploité par les autres fractions. La gestion de l'utilisation de l'espace est assurée par les différentes fractions, des pactes d'utilisation commune d'un même espace peuvent exister⁴⁰. Les parcs pastoraux peuvent s'étendre au-delà de l'emprise de la forêt sur les terrains collectifs.

Tableau 11. Parcs de parcours des fractions usagères d'Ajdir d'après TTOBA (2002)

Parcs de parcours	Numéro des parcelles	Surface en forêt		Surface hors forêt	
		En ha	En %	En ha	En %
Ait Boumezough	1-18, 24-108, 120-126	12000	48,95	6660	44,09
Ait Boumzil	109-119, 169-242, 127-133	8150	33,24	10971	45,18
Ait Amou Aissa (Ait Ouahi)	19-23	635	2,59	26	1,56
Ait Lahcen Ou Said (Ait Bouhamad et Amahroq)	134-168	3731	15,22	150	9,17
Total		24 516	100	17 807	100

6.1.2.2 Territoires des différentes fractions

Chaque fraction utilise son propre parc de parcours (tableau 11). Toutefois, la sédentarisation et la délimitation des espaces d'exercice d'activité pastorale, avec toutes les aberrations dont elle a été entachée

⁴⁰ C'est le cas particulièrement des parcelles suivantes : les parcelles 27, 31, 32, 37, 38, 39, 41 et 42 sont exploitées par les Ait Boumezough et Ait Ouahi. Les parcelles 136 à 141 et 144 sont exploitées par les Ait Boumezough, Ait Khouya et Amahroq. Les parcelles 161 à 168 sont exploitées en commun par Ait Bouhamad, Ait Khouya. Les parcelles 109 à 111, 115, 169 à 178 sont exploitées par les Ait Mai et Ait Boumzil.

(dépossession de terre des populations locales, « *melkisation* »⁴¹ progressive, ...etc.), ont contribué à l'accentuation des conflits sur les droits d'usage dans certains terroirs. C'est ainsi que jusqu'à nos jours, des conflits qui peuvent dégénérer, opposent de temps à autres la fraction d'Aït Boumzil et celle d'Aït Lhend qui lui est limitrophe. De même, les propos recueillis relèvent une certaine tension quant aux limites des différents parcs pastoraux dans la zone d'étude. Une révision des limites des différents parcs pastoraux doit être envisagée. La figure 22 présente les limites des parcs pastoraux avec les zones d'utilisation commune entre fractions et les zones de conflit d'usage. Elle a été établie sur la base des investigations de terrain. Il est à souligner que la légitimité d'usage de certaines fractions reste sujette à discussion.

⁴¹ Ou encore appropriation individuelle.

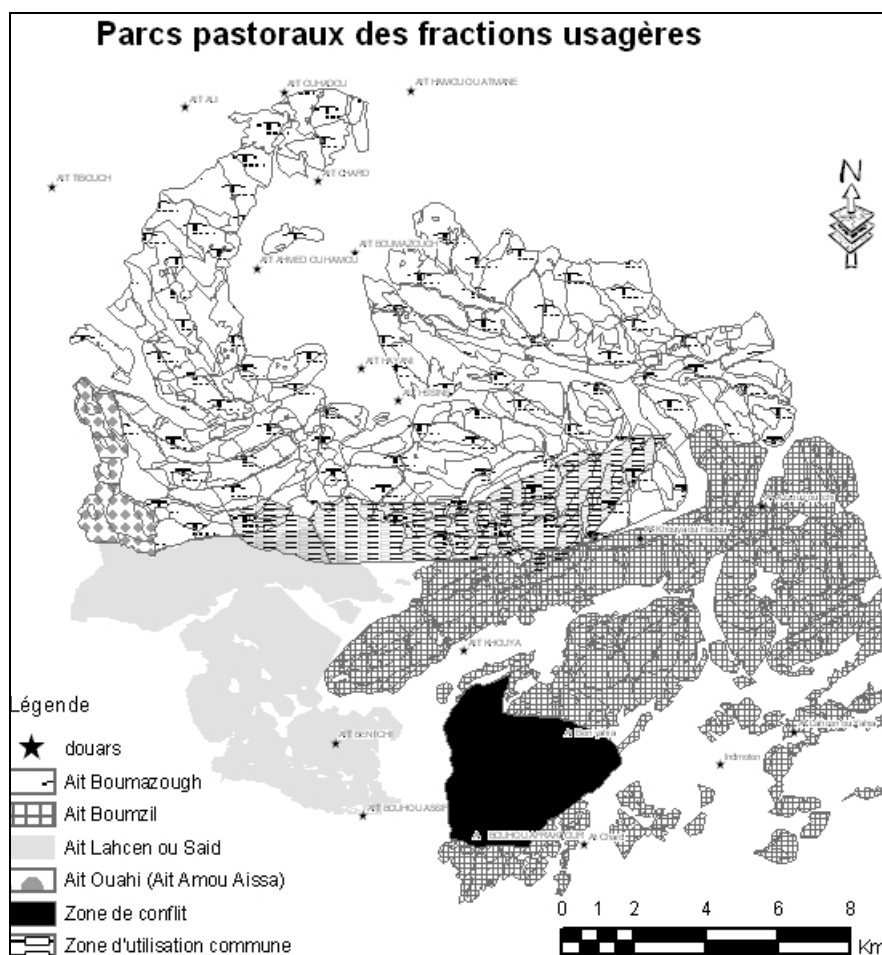


Figure 22. Carte revue des parcs pastoraux d'Ajdir

6.1.2.3 Mode de vie des fractions

Comme ailleurs au Maroc, les modes actuels d'utilisation de l'espace constituent le résultat d'une évolution historique et d'un processus d'adaptation des pratiques aux conditions du milieu (Abbab et al., 1995 ; Le Coz, 1990). Des mécanismes de déplacement, de solidarité sociale et de gestion collective ont été développés pour palier l'aléa et l'exiguïté des terrains (Auclair, 1996 ; chiche, 1999). Un usage multiple de l'espace a été développé. Ainsi et en fonction de la conformation du terrain, divers usages peuvent être rencontrés (transects en annexe 1).

La zone étudiée constitue un espace pastoral par excellence. Le mode de vie qui par le passé se basait sur la transhumance, a progressivement été remplacé par la sédentarisation (aussi bien en plaine qu'en montagne). La tente qui constituait le domicile adapté à ce mode de vie, cède de plus en plus souvent la place aux constructions en pisé, dur ou semi-dur. Les enquêtes menées par TTOBA (2002) révèlent que seulement 14,3% des Ait Boumezough, 6,2% des Ait Boumzil, 20% des Ait Bouhamad, et 64,3% des Ait Amou Aissa utilisent encore les tentes.

Les pratiques anciennes persistent encore bien qu'elles n'aient plus les mêmes niveaux de fonctionnalités que par le passé. La *Jemâa* se mobilise pour la gestion des charges collectives. Sur le plan de la gestion des ressources pastorales, son rôle est davantage cité lors des intrusions des étrangers « *Berrani* ». La pratique de l'*Agdal* relève désormais du passé, sa mise en œuvre n'étant plus respectée. Elle est cependant parfois perçue comme une stratégie pour limiter l'accès au parcours aux bergers étrangers.

6.2 CONTEXTE SOCIO-ECONOMIQUE

6.2.1 Données socio-démographiques

Les fractions usagères de la forêt d'Ajdir s'organisent en 18 douars situés à l'intérieur ou à proximité de la forêt. Ces douars comptent 6 288 habitants regroupés en 971 foyers (source : données du recensement général de la population de 1994)⁴².

6.2.1.1 *Structure de la population*

L'analyse des enquêtes réalisées par TTOBA en 2000 sur un échantillon de 100 ménages (tableau 12), montre une égalité entre la population masculine et féminine soit respectivement 51 et 49%. La tranche d'âge de moins de 15 ans est assez importante et représente environ 32% de la population totale. La taille moyenne des ménages est de 6,4 personnes par foyer.

⁴² Les données du recensement général de 2004 n'ont pas pu être utilisées à cause de leur niveau de détail (la commune rurale a été retenue comme unité de base et non plus le douar).

Tableau 12. Structure de la population en % d'après TTOBA (2002)

Fractions	< 7ans		7 à 15 ans		15 à 60 ans		> 60 ans		Total	
	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
Ait Boumezough	7,4	5,4	9,8	8,8	36,7	30,9	0,5	0,5	54,4	45,6
Ait Boumzil	13,8	9,1	8,4	7,2	27,2	27,1	3,0	4,2	52,4	47,6
Ait Bouhmad	5,0	5,0	2,5	5,0	42,5	35,0		5,0	50,0	50,0
Ait Amou ou Aissa	4,3	2,9	17,4	15,9	26,1	27,6	2,9	2,9	50,7	49,3
Ait Lahcen ou Said	10,5	7,5	13,4	3,0	20,9	26,9	8,9	8,9	53,7	46,3
Douar d'Amahroq	4,8	11,3	8,2	8,2	32,2	35,4			45,2	54,8
Moyenne %	7,6	6,9	10,0	8,0	30,9	30,5	2,6	3,6	51,1	48,9

6.2.1.2 Niveau d'instruction

Le taux d'instruction est de 34,85%. Le niveau de scolarisation des filles reste inférieur à celui des garçons. La scolarisation des filles est récente. Ainsi, la majeure proportion des filles scolarisées est en primaire. Le douar Amahroq constitue une exception intéressante. En effet le niveau d'instruction de ce douar atteint 70%. Ce chiffre s'explique par la proximité des écoles, par le niveau socio-économique des riverains du douar, par l'histoire de ce douar et par le fait qu'il pourrait constituer un futur noyau d'urbanisation.

Le taux de scolarisation permet de donner une idée de l'accessibilité aux infrastructures d'éducation et d'enseignement ainsi que du niveau de développement socio-économique et culturel de la zone.

Tableau 13. Niveau d'instruction en % d'après TTOBA (2002)

Fractions	Primaire		Secondaire		Universitaire	
	M	F	M	F	M	F
Ait Boumezough	13,8	10,8	10,7	4,6	4,6	
Ait Boumzil	7,8	3,1				
Ait Bouhmad	14,3		14,3			
Ait Amou ou Aissa	17,8	7,1	14,3			
Ait Lahcen ou Said	4,3		4,3		4,3	3,0
Amahroq	25,0	35,0	10,0			
Moyenne	13,8	9,3	8,9	0,8	1,5	0,5

6.2.1.3 Tendances démographiques

L'analyse des données issues des recensements généraux de la population des années 1971, 1982 et 1994 permet de relever une tendance à la baisse (tableau 14 établi sur la base des chiffres de la direction de la statistique du Haut Commissariat au Plan). Cette tendance peut être expliquée par l'exode rural et constitue la conséquence des mutations des systèmes d'exploitation et de gestion de l'espace rural et de la rupture de l'équilibre agrosylvopastoral. Une telle tendance, si elle se maintient, devrait mener à une réduction conséquente de la population locale. Toutefois, la pression

sur les ressources naturelles ne devrait pas être grandement affectée par cette réduction. En effet, les immigrants gardent toujours en guise d'attachement au système tribal des animaux en association avec des proches de la famille encore sur place (Bourqia, 1990).

Tableau 14. Evolution du nombre d'habitants de la forêt d'Ajdir

Fractions	Habitants (1994)	Habitants (1982)	Habitants (1971)
Ait Boumezough	2627	2275	1912
Ait Boumzil	1530	2804	2317
Ait Bouhamad	833	786	810
Ait Lahcen ou Said	962	1462	1203
Ait AmouAissa	464	951	1012
Ait Mai	62	119	108
Douar Amahroq	520	215	225
Total	6998	8232	7587

6.2.2 Systèmes d'exploitation de l'espace rural

Jusqu'aux années trente, la transhumance était le mode d'exploitation prépondérant de l'espace. Les populations se déplaçaient vers l'Azaghar dès décembre jusqu'au mi-avril ; durant cette période de l'année ils pratiquaient un système d'exploitation de type sylvopastoral. Dans l'Azaghar c'est la culture du maïs et la céréaliculture qui ont été les plus pratiquées ; le système d'exploitation de l'espace est agropastoral avec prédominance de l'élevage.

Les populations se sont sédentarisées progressivement et leur système d'utilisation de l'espace s'est vu, peu à peu, modifié à la suite du contexte historique et social qui a prévalu (chapitre 2). Actuellement dans la zone, le système d'exploitation prépondérant est de type agrosylvopastoral avec prédominance de l'élevage dans toutes les fractions, excepté le douar d'Amahroq où l'agriculture occupe une place importante. Ceci peut expliquer le taux de scolarisation élevé dans ce douar.

6.2.2.1 *L'agriculture*

Le relief accidenté de la zone et la rigueur climatique constituent les principaux handicaps au développement de l'agriculture et ce en dépit des ressources hydriques importantes. La Superficie Agricole Utile (SAU) dans la zone d'Ajdir est estimée à 2 991 ha, dont 290 ha irrigués. La SAU reste caractérisée par le grand morcellement des exploitations ainsi que par leur faible contenance (<5 ha). Ceci associé à l'absence du suivi phytotechnique adapté et à l'utilisation des semences locales conduit à de faibles rendements agricoles.

Tableau 15. Structure des propriétés foncières en % d'après TTOBA (2002)

Fractions	<5 ha	5-10 ha	> 10 ha	Total (ha)
Ait Boumezough	45	38	17	848
Ait Boumzil	43	36	21	741
Ait Bouhamad	45	35	20	284
Ait Lahcen ou Said	45	35	20	528
Ait AmouAissa	40	35	25	115
Ait Mai	50	35	15	20
Douar Amahroq	47	31	22	455
Total				2991

6.2.2.2 L'élevage

6.2.2.2.1 Constitution des troupeaux

L'élevage constitue la principale composante du système d'exploitation de l'espace. L'effectif pâturent en forêt de manière quasi permanente est estimé à environ 45 009 UPB (tableau 16), auquel peut s'ajouter un effectif saisonnier de 6 000 UPB pâturent pendant 2 à 5 mois (voir note 40). Ces effectifs (tableau 16) sont à prendre avec précaution. Ils sont sous-estimés. La population locale par crainte d'imposition ou parfois même de superstition a tendance à déclarer des effectifs de troupeaux inférieurs à la réalité. En effet et selon les chiffres de la campagne de vaccination de 2004, le nombre d'ovins vaccinés s'élève à 55 926. Celui des bovins vaccinés en 2005 s'élève à 2 915.

Tableau 16. Cheptel des fractions usagères de la forêt d'après TTOBA (2002)

Fractions	Douars	Ovins	Caprins	Bovins	Total UPB
Ait Boumezough	-	4800	1300	240	7040 (16%)
Ait Boumzil	-	16400	2900	800	22720 (50%)
Ait Bouhamad	-	1800	500	400	4200 (9%)
Ait Lahcen ou Said	-	5050	800	185	6615 (15%)
Ait AmouAissa	Ait Ouahi	800	350	200	2080 (5%)
Ait Mai	Ait Mai Jbel	900	180	50	1294 (3%)
Douar Amahroq	Jnane Lmass	400	200	100	1060 (2%)
Total		30 150	6 230	1975	45 009 (100%)

6.2.2.2.2 Conduite des troupeaux

Le cheptel des ménages des différentes fractions est constitué principalement par les ovins de race locale (Timahdite) ayant des facultés d'adaptation aux conditions du milieu. L'élevage en association est pratiqué par les petits éleveurs. La formule, souvent adoptée de cette association, est

par « moitié » des bénéfices générés. Les bovins possédés par les petits éleveurs sont en quasi-totalité pris en association.

Le gardiennage des troupeaux est assuré par un berger qui perçoit, en guise de rémunération, soit une part des produits (1/4 ou 1/3), soit la moitié des bénéfices (désignée localement par « *Sebab* »), ou un salaire préalablement convenu chez les grands éleveurs.

L'alimentation des troupeaux se base principalement sur les ressources fourragères gratuites produites par les écosystèmes sylvopastoraux et sur une petite partie issue des terrains agricoles (chaumes, jachères). L'alimentation des troupeaux peut prendre l'une des formes suivantes :

- Des déplacements libres et limités dans l'espace des terroirs ou parcs de parcours forestiers et terrains asylvatiques avoisinants. Cette organisation de l'utilisation de l'espace caractérise la majorité des usagers de la zone d'étude.
- La première forme citée précédemment peut être appuyée par des mouvements de transhumance en hiver vers l'Azaghar. Cette forme traditionnelle d'organisation qui caractérisait le mode de vie des populations de la région, est en voie d'abandon au profit de la sédentarisation. En effet, les populations locales renoncent de plus en plus à leurs parts en Azaghar lors des années sèches.

En plus des parcours forestiers et des chaumes, l'apport d'une complémentation sous forme de son, d'orge et de betterave est préconisé par les éleveurs aisés durant les périodes de soudure. Il est envisageable durant 3 à 4 mois et ce en fonction du portefeuille de l'éleveur et de la date de la fête du sacrifice « *Aid al Adha* ».

La conduite de l'élevage reste extensive. Aucun suivi vétérinaire n'est pratiqué, excepté lors des campagnes de vaccination gratuites organisées par l'Etat.

6.2.2.3 La forêt

La forêt contribue par une large part à la constitution des revenus des populations locales. En plus de son apport fourrager dans l'alimentation de leurs cheptels et des emplois qu'elle génère, la forêt constitue la principale source énergétique des populations locales à travers son bois de feu. D'autres prélèvements portant sur le bois d'œuvre ou des menus produits y sont pratiqués légalement ou illégalement.

Le bois de feu est prélevé par les populations dans le cadre de l'exercice des droits d'usages (tableau 17). Ces prélèvements peuvent s'accompagner d'abus et d'irrégularités.

L'importance des prélèvements renseigne sur le degré de dépendance envers les ressources forestières. Le recours aux ressources énergétiques de substitution est plus important chez les habitants du douar d'Amahroq que chez les autres fractions. Les prélèvements atteignent le niveau le plus élevé chez les Aït Boumezough.

Tableau 17. Quantités de bois de feu prélevées officiellement de la forêt d'Ajdir d'après TTOBA (2002)

Fractions	Quantité moyenne (en kg/foyer/an)
Ait Boumezough	22 300
Ait Boumzil	21 850
Ait Bouhamad	18 600
Ait Amou ou Aïssa	18 800
Ait Lahcen ou Saïd	18 480
Amahroq	10 400
Moyenne	15 272

Les menus produits, le bois d'œuvre (issu des délits), l'écimage et l'ébranchage des arbres forestiers pour alimenter le bétail lors des périodes de soudure constituent des prélèvements à caractère illégal.

6.3 PRESENTATION DES PRINCIPALES FRACTIONS USAGERES DE LA FORET D'AJDIR

Les trois fractions des Ait Boumzil, Ait Boumezough et d'Aït Lahcen ou Saïd sont les plus importantes sur le plan de la superficie. On essaiera de présenter brièvement les principales caractéristiques de chacune de ces fractions qui utilisent 97,41% de la superficie de la forêt. Les données utilisées sont basées sur les investigations réalisées dans le cadre du projet Khénifra en utilisant la Méthode accélérée pour la recherche participative (MARP) (HCEFLCD, 2004).

6.3.1 Fraction des AIT LAHCEN OU SAID

La fraction des Aït Lahcen Ou Saïd se rattache, sur le plan généalogique, aux « Chorfas » Idrissides venant de Fès. Leur arrière parent Saïd a été emmené par les berbères (Aït Malouk qui appartiennent à la tribu Ihabbaren) au fief actuel des Aït Lahcen Ou Saïd pour leur enseigner les règles de l'Islam. Il s'est marié à une berbère et a donné naissance à Lahcen, et c'est au nom de ce dernier qu'a été dénommée la fraction. Lahcen Ou (fils de)

Said a eu par la suite cinq enfants : Khouya, Alla, Ben Ichi, Brahim (Bouhou) et Moussa. C'est du nom des quatre premiers que sont désignés les douars actuels de la fraction. Le cinquième fils s'est installé, en dehors du terroir de la fraction, dans la région d'Aguelmouss.

6.3.1.1 Profil Historique de la fraction

Pour avoir une idée sur les pratiques locales et les changements ayant affecté les systèmes d'utilisation de l'espace, l'analyse du profil historique de la fraction revêt une première importance. Les incidents historiques ayant marqué le terroir peuvent être résumés comme suit (annexe 1, Encadré 1) : à partir de l'année 1955, les parcours du plateau d' « Addar Oujdir » ont été délimités au profit des Aït Khouya. En 1960, un enneigement important a été constaté. Au cours de la même année, les Aït Bouhou Aflektour ont vendu la quasi-totalité de leurs terrains à un prénommé Moulay Lahcen Amahzoune. Dès cette période la sédentarisation progressive d'un certain nombre de foyers a été entérinée. Les années quatre vingt ont constitué un tournant dans l'histoire du terroir. L'expansion démographique et la sécheresse ont poussé les populations locales à s'orienter vers la forêt comme source de revenus ; les délits se sont accentués. La forêt est devenue un moyen d'appoint pour la constitution et/ou l'amélioration des revenus des populations locales.

6.3.1.2 Données socio-économiques du terroir

6.3.1.2.1 Données socio-démographiques

La fraction des Ait Lahcen ou Said comporte 4 douars regroupant 7 lignages.

Le douar d'Aït Khouya est le plus peuplé (tableau 18), il comprend plus de 82 foyers et environ 558 habitants, celui d'Aït Alla comporte 9 foyers avec une soixantaine d'habitants, quant aux douars d'Aït Bouhou et Aït Ben Ichi, ils rassemblent 11 foyers avec un nombre total d'habitants de l'ordre de 78.

Tableau 18. Population de la fraction des Aït Lahcen ou Saïd d'après HCEFLCD (2004)⁴³

Douars	Nombre de foyers	Nombre d'habitants
Aït Khouya	82	558
Aït Bouhou	43	344
Aït Ben Ichi	2	15
Aït Alla	9	63
Total	136	980

La structure de la population locale au niveau de la fraction est caractérisée par une abondance de la tranche d'âge entre 15 et 60 ans (tableau 12). Elle est également marquée par un nombre plus important de garçons que de filles entre 7 et 15 ans. Cette tendance s'inverse, avec plus de femmes que d'hommes dès la tranche d'âge entre 15 et 60 ans. Ceci peut être expliqué par le fait que les fillettes constituent une source potentielle de revenus pour les ménages. Elles vont travailler dans les villes en tant que bonnes. A un âge plus avancé, ce sont les hommes qui partent travailler dans les villes.

Le niveau d'instruction au niveau de la fraction reste très faible par rapport à la moyenne nationale et locale (tableau 13). Ceci est dû à l'éloignement et à l'inaccessibilité des écoles, ainsi qu'à la contribution des enfants aux différents travaux.

6.3.1.2.2 Infrastructure

Les infrastructures sociales au niveau du terroir restent insuffisantes. Elles se limitent à deux écoles primaires, une mosquée et un dispensaire.

Sur le plan des ressources hydriques, on compte 17 sources permanentes, 12 séguías (canaux traditionnels d'irrigation) avec une longueur totale d'environ 4 km. Le terroir dispose de quatre lacs dont Aguelmame Miaâmi est le plus important. Ce dernier donne naissance à l'oued Chbouka et aux lacs de Tiguelmamine. La plupart des périmètres irrigués utilisent des séguías traditionnelles qui puisent directement l'eau de l'Oued Chebouka. La contenance de ces périmètres varie entre 2 et 12 ha, leur superficie totale estimée peut atteindre 50 ha. L'utilisation de l'eau d'irrigation est régie par la coutume. Le nombre des ayants droit est variable d'une séguia à l'autre.

⁴³ Ces chiffres sont plus récents que ceux du recensement général de la population (tableau 14) c'est ce qui explique les écarts qui peuvent être constatés.

6.3.1.3 Utilisation de l'espace de la fraction

6.3.1.3.1 Agriculture

La SAU au niveau du terroir ne dépasse pas 528 ha. Elle est caractérisée par un morcellement important, plus de 45% des propriétés ne dépassent pas 5 ha (tableau 15).

Trois types de sols sont rencontrés dans le terroir. Il s'agit des sols : « *Tirs* », « *Hemri* » et « *Biada* » (respectivement : argileux, argilo-limoneux et limoneux).

Les cultures adoptées dépendent du relief. Sur les terrains en pente, où l'acheminement de l'eau d'irrigation est difficile, les cultures pluviales prévalent et particulièrement les céréales (blé et orge), les cultures fourragères et les légumineuses (pois chiche). Dans les zones longeant l'oued Chebouka, des séguias traditionnelles aménagées ont permis le développement de cultures maraîchères et en particulier la tomate, l'oignon, le poivron et le navet, de cultures fourragères (maïs, luzerne) et de quelques pieds d'arbres fruitiers (pommiers, poiriers et noyers) constituant un système agroforestier par excellence.

6.3.1.3.2 Elevage

L'effectif du troupeau pâture dans le terroir d'Ait Lahcen ou Said s'élève à l'équivalent de 6 615 UPB, soit 15% de l'effectif total pâture en forêt d'Ajdir (tableau 16). La structure des cheptels est prédominée par les petites propriétés de moins de 10 UPB et d'entre 10 et 50 UPB.

L'analyse du calendrier fourrager montre l'existence d'une période de manque fourrager s'étalant d'octobre à mars. En fonction des conditions climatiques, une période de soudure allant de novembre à janvier est constatée durant laquelle les éleveurs ont recours à l'ébranchage des arbres de la forêt. En fonction des conditions de l'éleveur une complémentation à l'alimentation peut être préconisée et consiste en l'apport du son, de la pulpe sèche de betterave, de la paille et de l'orge. La complémentation à la ration des cheptels au niveau du terroir est estimée à l'équivalent de 293 670 Unités Fourragères (UF), soit environ 10% des besoins des animaux.

6.3.1.3.3 Forêt

Les produits de la forêt récoltés par les usagers sont le bois de feu, le fourrage et les menus produits. Le ramassage de bois de feu est pratiqué

par les femmes et les jeunes de la famille. Toutefois, quand il s'agit de délits, façonnage, fabrication d'outils à base de bois, ils sont exécutés par les hommes. Le transport du bois s'effectue à dos de mulets ou d'ânes et très rarement à dos de femmes. La quantité transportée est variable, et dépend du moyen de transport utilisé. Elle est estimée à environ 50 kg par âne et 100 kg par mulet.

La consommation de bois de feu est en relation étroite avec la disponibilité du matériau. Les besoins annuels en chauffage dépendent de la rigueur climatique, de la proximité de la forêt et de l'accessibilité des sources énergétiques de substitution. La quantité moyenne de bois de feu utilisée dans le terroir est estimée à 18 480 kg/an/foyer.

D'autres produits sont prélevés de la forêt, il s'agit des menus produits (plantes aromatiques, lichens) et du bois d'œuvre exploité délictueusement. Il est difficile d'évaluer les volumes de bois prélevés par les usagers du terroir. En effet, des délinquants d'autres fractions peuvent exercer dans le même espace. Un chiffre moyen annuel de 50 m³ de bois d'œuvre exploité délictueusement peut être retenu, sur ce volume les enlèvements ne dépassent jamais la moitié du volume de bois abattu⁴⁴. En effet, les délinquants, exerçant de nuit et dans les périmètres les plus inaccessibles, ne s'intéressent qu'à la bille de pieds pouvant fournir un bois d'œuvre de première qualité. Le reste du tronc est abandonné sur place.

6.3.1.4 Identification des besoins prioritaires de la fraction

Des ateliers participatifs ont été organisés dans le cadre du projet Khénifra (2004-2005) et ont permis de cerner conjointement avec la population locale les actions prioritaires par genre pour les trois fractions (tableau 19 et 20).

Pour la fraction des Aït Lahcen ou Saïd et en fonction du douar, les femmes accordent une importance particulière à l'accessibilité (aménagement des pistes) et à la mobilisation des ressources hydriques qui fait partie de leurs besoins journalières. En deuxième position figure l'électrification et la promotion des activités génératrices de revenus comme l'assistance aux cultures maraîchères et à l'élevage de basse-cour. D'autres douars soulèvent l'importance d'ériger une école et d'entreprendre des actions visant l'alphabétisation des riverains.

⁴⁴ Il s'agit de chiffres obtenus par analyse des chiffres officiels des délits constatés par le centre de développement forestier de Khénifra dans la cédraie d'Ajdîr. Des auteurs estiment les prélèvements délictueux de 70 à 120 m³ (El Kasri, 1982 ; Houssayni, 1983).

Tableau 19. Priorité des actions envisageables selon les femmes et par douar

Activités	Priorité des actions envisageables selon les femmes et ce par douar pour les Aït Lahcen ou Saïd						
	1 ^{ère}	2 ^{ème}	3 ^{ème}	4 ^{ème}	5 ^{ème}	6 ^{ème}	7 ^{ème}
Pistes	A. Bouhou		A. Alla				
Ecole				A. Alla			
Alphabétisation					A. Khouya	A. Alla	A. Bouhou
Sources	A. Alla A. Khouya						
Seguias	A. Khouya	A. Alla					
Élevage			A. Bouhou	A. Khouya			
Formation en maraîchage et arboriculture		A. Khouya		A. Bouhou			
Formation sur les motifs de la tapisserie					A. Alla		
Électrification		A. Bouhou	A. Khouya				A. Alla

Pour les hommes, les besoins prioritaires portent sur la mobilisation de l'eau à travers les séguias, l'aménagement des sources et le creusement des puits. Dans une seconde position se situe l'assistance à l'arboriculture fruitière, et en troisième position figure le désenclavement (aménagement de pistes).

Ces besoins traduisent les préoccupations des hommes ; l'eau constitue un facteur de production indispensable pour l'agriculture et l'élevage. Le désenclavement du douar d'Aït Bouhou constitue une priorité. Plusieurs douars ont manifesté, avec des priorités différentes, leur souhait de disposer d'une assistance pour la conduite de l'arboriculture fruitière. Un tel état de fait témoigne de leur aspiration à intensifier l'agriculture et plus particulièrement l'arboriculture ; l'exemple du douar d'Amahroq est souvent mis en avant par les populations locales.

Tableau 20. Priorité des actions envisageables selon les hommes et par douar

Activités	Priorité des actions envisageables selon l'appréciation des hommes et par douar pour les Aït Lahcen ou Saïd						
	1 ^{ère}	2 ^{ème}	3 ^{ème}	4 ^{ème}	5 ^{ème}	6 ^{ème}	7 ^{ème}
Pistes		A. Alla	A. Bouhou A. Ben Ichi	A. Bouhou			
Seguias	A. Alla A. Bouhou A. Khouya A. Ben Ichi						
Sources		A. Khouya			A. Alla		
Puits			A. Alla		A. Bouhou		
Dispensaire			A. Khouya				
Electrification				A. Alla		A. Bouhou	
Formation en arboriculture		A. Bouhou A. Ben Ichi			A. Alla	A. Khouya	A. Bouhou A. Ben Ichi
Destruction de la forêt				A. Khouya	A. Alla		
Alphabétisation					A. Khouya		

6.3.2 Fraction des AIT BOUMZIL

Les Ait Boumzil se sont fixés dans la montagne de la rive gauche de l'Oum Rbiaa jusqu'aux sources de Oued Srou à 50 km à l'est de la ville de Khénifra. Ce terroir constitue le fief particulier d'Amahroq qui s'y apparente par sa mère. De nos jours, les Aït Boumzil sont structurés en six douars et 31 lignages.

6.3.2.1 Profil historique

Jusqu'aux années 1938, les habitants pratiquaient la transhumance. Les déplacements vers l'Azaghar se sont effectués entre octobre et avril. D'un système sylvo pastoral dans le Jbel, ils adoptèrent le système agropastoral avec le maïs comme culture prédominante lors de leurs déplacements vers l'Azaghar. Ces mouvements ont commencé à régresser dès 1955 avec un début de sédentarisation des populations dans les montagnes. L'année 1965, ou année de la « peste », s'est caractérisée par une épidémie qui a causé de fortes mortalités chez les équidés. L'année 1980 a coïncidé avec la sécheresse, qui a provoqué une forte mortalité du cheptel (Encadré 2, Annexe 1).

6.3.2.2 Données socio-économiques du terroir

6.3.2.2.1 Données socio-démographiques de la fraction

Le terroir des Aït Boumzil est structuré en 31 lignages, 354 ménages et 2 390 habitants. Les douars des Aït Khouya ou Haddou et des Aït Lahcen ou Yahya sont les agglomérations les plus importantes. Le tableau 21 présente la population du terroir.

Tableau 21. Population de la fraction des Aït Boumzil d'après HCEFLCD (2004)⁴³

Douars	Nombre de ménages	Nombre d'habitants
Aït Lahcen ou yahya	83	432
Aït Ben Yahya	53	367
Aït Khouya Ouhadou	100	800
Aït Azouz ou Ichi	24	227
Aït Chard	38	228
Indmouten	56	336
Total	354	2 390

La structure d'âge du terroir est caractérisée par une égalité entre les deux sexes (tableau 12). Elle est marquée par une population jeune (moins de 15 ans) assez importante représentant plus de 38,5% de la population totale. La population active (entre 15 et 60 ans) représente 54% de la population totale. Le niveau d'éducation de la fraction reste en-dessous de la moyenne nationale et locale (tableau 13).

6.3.2.2.2 Infrastructures sociales

Le terroir d'Aït Boumzil est relativement désenclavé. Les ménages de ses douars sont dispersés le long de l'oued Srou et de la route goudronnée, mais l'accès aux services publics reste difficile. Pour subvenir à leurs besoins de base, les populations sont amenées à se déplacer soit au souk d'Ajdir, Krouchen, Boumia ou parfois même à la ville de Khénifra.

Trois écoles sont implantées dans le terroir : une à Aït Chard, l'autre à Aït Khouya ou Haddou et la dernière à Aït Lahcen Ou Yahia. Les autres douars ne disposent par contre pas d'école.

Pour les soins médicaux, les populations doivent se déplacer à Khénifra. Toutefois, un dispensaire a été érigé par la commune. Malheureusement, il n'est pas encore fonctionnel par manque de coordination entre les départements concernés.

Les ressources hydriques utilisées par le terroir proviennent des captages des sources. Ainsi, on peut compter quelque 25 séguias aménagées pour acheminer l'eau directement aux parcelles. La longueur totale de ces séguias traditionnelles peut être estimée à une dizaine de Km, elles drainent une superficie qui s'élève à 8 ha. La gestion d'eau d'irrigation obéit aux pratiques traditionnelles locales.

6.3.2.3 *Système de production*

6.3.2.3.1 Agriculture

Le terroir d'Aït Boumzil est situé entre 1400 et 1950 m d'altitude. Environ 50% de la superficie du terroir est constituée de terrains de parcours (y compris les forêts). La superficie pouvant faire objet d'un usage agricole ne dépasse pas 741 ha, dont un maximum de 9% en irrigation.

Les types de sols rencontrés dans le terroir sont : les « Tirs » (sols argileux) et « Hemri » (sols limono-argileux). Dans la vallée de l'oued Srou, les sols sont en pente et soumis aux risques d'érosion.

Les assolements préconisés comprennent la céréaliculture (blé et orge), l'arboriculture et la jachère.

6.3.2.3.2 Elevage

La moitié du cheptel pâture dans la forêt d'Ajdir appartient aux Aït Boumzil (tableau 16). Les troupeaux sont dominés par les ovins (82%), suivis par les caprins (14%) et les bovins (4 %). Les cheptels sont de taille moyenne (plus de 75% des troupeaux comptent moins de 100 têtes). La strate des grands troupeaux est bien présente, soit 21% des foyers de cette fraction.

Dans le terroir des Aït Boumzil, la période de complémentation dépend de la taille des cheptels, elle est de quatre mois en moyenne et représente l'équivalent de 1 008 750 UF/an. Ce supplément d'alimentation est intense au cours des périodes précédant la fête du sacrifice (*Aïd Al Adha*). Il est constitué par du son, de la paille, de l'orge, du maïs et de la luzerne.

6.3.2.3.3 Forêt

Les prélèvements de bois de feu peuvent s'insérer aussi bien dans le cadre légal des droits d'usage que dans l'illégalité (délits). Ces prélèvements sont estimés à environ 21 850 kg/foyer/an (tableau 17).

6.3.2.4 Identification des besoins prioritaires de la fraction

Pour les femmes de la fraction des Aït Boumzil et en fonction du douar (tableau 22), les priorités portent sur l'accessibilité (aménagement des pistes), la création de revenus à travers la promotion de la tapisserie, ainsi qu'une assistance à l'acquisition des fours améliorés et des plaques solaires. En seconde place se positionnent la construction de dispensaires, l'alphabétisation et l'aménagement des sources. En troisième priorité figurent certaines des actions envisagées précédemment. Les priorités des Aït Boumzil diffèrent de ceux des Aït Lahcen ou Said et des Aït Boumezough, à cause de leurs ressources relativement plus importantes et de par leur participation antérieure au projet Oued Srou qui les a rendus plus exigeants.

Tableau 22 . Priorité des actions envisageables selon les femmes et par douar

Actions	Priorité des actions envisageables selon les femmes et ce par douar par douar pour les Aït Boumzil			
	1 ^{ère}	2 ^{ème}	3 ^{ème}	4 ^{ème}
Pistes	A. Chard Indmouten			
Ecole			A. Chard Indmouten	
Dispensaire		Indmouten A. Khouya ou Hadou	A. Lahcen ou Yahya A. Azouz ou Ichi	A. Chard A. Ben Yahya
Alphabétisation		A. Chard A. Lahcen ou Yahya A. Azouz ou Ichi	A. Ben Yahya	Indmouten
Sources		A. Lahcen ou Yahya A. Ben Yahya		Indmouten
Séguias				A. Lahcen ou Yahya
Élevage				A. Azouz ou Ichi
Distribution de semences				A. Khouya ou Hadou
Formation sur les motifs de la tapisserie	A. Lahcen ou Yahya		A. Ben Yahya	
Plaques solaires	A. Khouya ou Haddou	A. Azouz ou Ichi		
Four amélioré	A. Azouz ou Ichi		A. Khouya ou Hadou	
Rés. Téléphonique		A. Chard		

Pour les hommes, les besoins prioritaires portent sur le désenclavement. En second lieu la mobilisation de l'eau à travers les séguias, la construction de

l'école, de dispensaires et l'électrification. En troisième priorité figurent l'aménagement des sources en eau et le creusement de puits. Deux douars avancent l'ouverture des mises en défens comme quatrième priorité.

Ces besoins traduisent les préoccupations des hommes. En effet, pour la fraction des Aït Boumzil, ayant les plus grands effectifs des troupeaux, l'accessibilité constitue un pré-requis indispensable pour la valorisation de l'élevage. De son côté la mobilisation de l'eau constitue un facteur de production primordial pour les cultures et pour l'élevage.

Tableau 23. Priorité des actions envisageables selon les hommes et par douar

Activités	Priorité des actions envisageables selon l'appréciation des hommes et par douar pour les Aït Boumzil			
	1 ^{ère}	2 ^{ème}	3 ^{ème}	4 ^{ème}
Pistes	Indmouten A. Chard A. Azouz ou Ichi A. Ben yahya A. Khouya ou Hadou			
Séguias		A. Khouya ou Haddou A. Ben Yahya		
Sources			A. Chard A. Ben yahya A. Khouya ou Handou A. Lahcen ou Yahya	
Creusement de puits			A. Khouya ou Hadou A. Lahcen ou Yahya	
Construction de l'école		A. Azouz ou Ichi	Indmouten	A. Chard
Dispensaire		A. Chard	A. Azouz ou Ichi	
Plaques solaires				
Electrification		A. Lahcen ou Yahya		
Ouverture des mises en défens				A. Azouz ou Ichi A. Khouya ou Hadou

6.3.3 Fraction des AIT BOUMEZOUGH

6.3.3.1 Présentation de la fraction

Les Ait Boumezough appartiennent à la confédération de tribu des Zaïanes et aux Ait Chard (comprenant les fractions : Ait Boumzil, Ait Ammou Aïssa et

Ait Boumezough). Ils se sont fixés à Boudji où ils avaient leurs "Ksours" (fortifications utilisées pour stocker l'alimentation). Actuellement, ils sont organisés en quatre douars et douze lignages.

6.3.3.2 Profil historique

Le profil historique du terroir reste très confus (Encadré 3 ; Annexe 1). Les événements ayant marqué la mémoire du terroir corroborent ceux relevés dans les terroirs avoisinants. Ici, l'année de l'épidémie de la peste des équidés reste marquante dans la mesure où elle a coïncidé avec une importante vague de sédentarisation.

6.3.3.3 Données socio-démographiques

La population du terroir des Aït Boumezough s'élève à 2 783 habitants (tableau 24) avec une égalité entre les deux sexes (tableau 12).

Tableau 24. Composition de la population de la fraction des Aït Boumezough d'après HCEFLCD (2004)⁴³

Douars	Nombre de ménage	Nombre d'Habitants
Ait Lhayani	224	1413
Ait H'ssine	45	315
Ait H'mad Ou Hamou	60	335
Ait Bouzamour	120	720
Total	449	2 783

La structure de la population locale est dominée par la tranche d'âge comprise entre 15 et 60 ans (67%). Les sexagénaires sont très peu représentés dans le terroir. Le niveau d'instruction reste faible, avec un bon taux de scolarisation des filles par rapport aux autres fractions (tableau 13).

6.3.3.4 Infrastructure sociale de la fraction

Le terroir des Ait Boumezough est relativement désenclavé. En effet, il est traversé par une route goudronnée. Les ménages qui constituent les différents douars sont dispersés le long de la route. Pour leurs besoins de base, les habitants se déplacent aux souks de M'irt, d'Ajdîr ou à la ville de Khénifra.

En ce qui concerne l'infrastructure scolaire, chacun des quatre douars dispose d'une école. Ceci explique les taux relativement élevés du niveau d'éducation de ce terroir.

Le potentiel hydrique du terroir des Aït Boumezough se compose du lac d'Aguelmame Azegza⁴⁵, des sources, des puits et de l'oued Boudji. Toutefois et pour le douar d'Aït H'mad Ou Hamou, ces ressources demeurent insuffisantes pour subvenir aux besoins de la population que ce soit en matière d'irrigation ou d'eau potable. Ceci a nécessité l'intervention de la commune rurale au niveau du même douar pour creuser des puits. L'aménagement de points d'abreuvement pour le bétail et de sources ou de puits pour les populations s'avère être de première urgence.

La recherche de l'eau pour l'usage domestique constitue une activité purement féminine. Elle est assurée par les filles et femmes du foyer. Ceci explique en partie la non scolarisation des filles.

6.3.3.5 *Systèmes de production*

6.3.3.5.1 Agriculture

La SAU du terroir des Aït Boumezough ne dépasse pas 848 ha. Elle est caractérisée par un morcellement important. Plus de 45% des propriétés ne dépassent pas 5 ha.

Deux types de sol sont rencontrés "Hrach" (limoneux) sur les pentes et "Hamri" (limono-argileux) sur les bas fonds. Les cultures pratiquées dépendent de la nature et de la conformation du terrain et des possibilités d'irrigation. Sur les pentes et en absence d'irrigation c'est la céréaliculture (blé et orge) qui domine. Dans les bas-fonds et là où il est possible d'irriguer, maïs et plantations fruitières à très petites échelles sont pratiqués ; parfois on peut rencontrer la pomme-de-terre en micro-parcelles. Le rendement reste faible à cause des difficultés grandissantes de mobilisation de l'eau.

6.3.3.5.2 Elevage

Environ 16% des effectifs du cheptel pâturent dans la forêt d'Ajdir appartiennent à la tribu des Aït Boumezough. La composition des troupeaux (en chiffres absolus) est dominée par les ovins (76%), les caprins (21%) ; elle est seulement de 3 % pour les bovins. Les propriétés sont caractérisées par des effectifs petits à moyens.

⁴⁵ Il s'agit d'un lac naturel d'origine karstique, alimenté par la nappe phréatique et les eaux de neige. Il couvre une superficie variant de 40 à 60 ha. Il a été proposé dans le projet « Aqua » et dans le projet APM comme site devant faire objet d'une protection particulière ; Il est enregistré comme monument historique depuis 1950 (Chilasse et al., 2001).

L'alimentation des troupeaux se base sur les trois composantes : forêt, terrains asylvatiques et terrains agricoles. Au cours des périodes de soudure, le recours à l'écimage et à l'ébranchage prend une dimension plus importante au niveau des Aït Boumezough. La complémentation s'effectue trois mois par an et s'élève à l'équivalent énergétique de 103 920 UF. Ce chiffre reste assez faible par rapport aux autres fractions ; ceci s'explique par un recours délictueux à l'écimage et à l'ébranchage du chêne vert et du cèdre au cours des périodes de soudure.

6.3.3.5.3 Forêt

La consommation de bois de feu des Aït Boumezough dépasse celle des autres fractions. Elle atteint 22 300 kg/foyer/an, soit plus de 10 fois la moyenne consommée dans la province. Ce chiffre s'explique par la pauvreté des riverains, l'inaccessibilité des sources d'énergie de substitution et l'agressivité des habitants envers les ressources forestières.

Au niveau du terroir des Aït Boumezough, la collecte du bois de feu est une tâche lourde assurée par la femme, à laquelle participe l'homme aussi de temps à autres. Il intervient durant toute l'année pour aider à constituer le stock annuel de combustible.

Le taux de chômage des jeunes d'Aït Boumezough est élevé ; pour y palier, ils ont recours à la forêt pour constituer et/ou améliorer leurs revenus, c'est ce qui peut expliquer le grand nombre de délits constatés dans les zones utilisées par cette fraction⁴⁶.

6.3.3.6 *Identification des besoins prioritaires de la fraction*

En fonction des douars, les femmes accordent une importance particulière à l'accessibilité (à travers l'aménagement des pistes) et à la mobilisation des ressources hydriques étant donné qu'elle fait partie de leurs besoins journalières, en deuxième position figure l'équipement du dispensaire et la mise en place de relais téléphoniques. En quatrième priorité, les riverains placent le besoin d'une assistance à l'élevage (suivi vétérinaire, complémentation et vulgarisation). Le douar des Aït Lhayani a demandé une assistance au creusement de fosses septiques. Certains douars évoquent

⁴⁶ En matière de prélèvements délictueux du bois d'œuvre et par ordre décroissant d'agressivité les douars : Aït Lhayani, Aït Bouzamour et Aït H'mad ou Hamou opèrent dans les parcelles du canton Mimjat (29-30-34-35-43-46-47-95 à 98). Quant aux délits de carbonisation, ils sont pratiqués par les habitants des Aït Bouzamour, Aït Chard et Aït Hcine au niveau des parcelles 1-3-4-5-6 et 11.

la nécessité de palier l'absence d'instituteurs dans leurs écoles. Le douar des Aït H'mad ou Hamou a souhaité bénéficier de l'électrification des habitations.

Tableau 25 . Priorité des actions envisageables selon les femmes et par douar

Activités	Priorité des actions envisageables selon les femmes et ce par douar pour les ait Boumezough						
	1 ^{ère}	2 ^{ème}	3 ^{ème}	4 ^{ème}	5 ^{ème}	6 ^{ème}	7 ^{ème}
Pistes	A. H'mad ou Hamou						
Ecole (instituteurs)					A. H'mad ou Hamou	A. Bouzmour	
Dispensaire (Eq.)		A. Bouzmour	A. Lhyani				
Alphabétisation					A. Bouzmour		
Puits	A. Bouzmour						
Sources				A. Lhyani			
Seguias	A. Lhyani						
Élevage				A. H'mad ou Hamou A. Bouzmour			
Électrification						A. H'mad ou Hamou	
Fosses septiques				A. Lhyani			
Rés. Téléphonique		A. H'mad ou Hamou A. Lhyani					A. Bouzmo

Pour les hommes, les besoins prioritaires portent sur la mobilisation de l'eau (à travers les séguias, le creusement des puits et la création d'un bassin d'accumulation). En deuxième priorité, Ils désirent une assistance à l'arboriculture fruitière et à la création de coopératives forestières. En troisième position interviennent l'équipement du dispensaire et la création d'emplois. D'autres actions ont été évoquées par les hommes de la fraction, il s'agit de : subventions agricoles, la mise en place de moyens de transport public et une assistance à l'élevage.

L'analyse de ces besoins permet de mettre en exergue deux éléments, le premier inhérent à la prédisposition des populations à se tourner vers l'arboriculture fruitière avec la nécessité de mobiliser les ressources hydriques nécessaires. Le second porte sur l'assistance à la création de coopératives forestières. En effet, la fraction des ait Boumezough, la plus agressive envers la forêt en terme de coupe délictueuse de bois d'œuvre, souhaite passer de l'illégalité à la légalité ; ceci est à encourager.

Tableau 26. Priorité des actions envisageables selon les hommes et par douar

Activités	Priorité des actions envisageables selon l'appréciation des hommes et par douar pour les A. Boumezough						
	1 ^{ère}	2 ^{ème}	3 ^{ème}	4 ^{ème}	5 ^{ème}	6 ^{ème}	7 ^{ème}
Seguias	A.H'mad ou Hamou				A. Lhyani A. Hssine		
Puits	A. Lhyani A. Hssine						
Bassin d'accumulation	A. Bouzmour						
Ecole (P. instituteurs)							A. Lhyani A. Hssine
Dispensaire (Equip)			A. Bouzmour		A. H'mad ou Hamou		
Subventions agricoles					A. Bouzmour		
Formation en arboriculture		A. H'mad ou Hamou		A. Lhyani A. Hssine A. Bouzmour		A. H'mad ou Hamou	A. Bouzmour
Création de coopératives forestières		A. Lhyani A. Hssine A. Bouzmour			A. H'mad ou Hamou		
Création d'emploi			A. Lhyani A. Hssine				
Formation en élevage						A. Lhyani A. Hssine	
Transport					A. Bouzmour		

6.4 VOCATIONS AU NIVEAU D'AJDIR

La présente section consiste en un diagnostic des vocations du milieu naturel de la cédraie d'Ajdir. Il est à rappeler qu'au vu des contraintes de la présente étude, la finalité est non pas d'établir des affectations puisqu'il s'agit du domaine forestier (affectation forestière), mais d'avoir une idée plus claire sur les meilleures vocations à mettre en œuvre de façon à ce que les alternatives associées aux scénarios d'aménagement puissent en tenir compte dans l'établissement des éléments de spatialisation.

La définition des vocations potentielles nécessite l'intégration d'un grand nombre de paramètres (Morelle et Lejeune, 2000). Elle pourra être approchée par la définition préalable des aptitudes des sols et la prise en

considération des conditions socio-économiques. Enfin la comparaison entre les affectations actuelles et les vocations potentielles pourra aboutir à une lecture critique des modes d'utilisation du sol et à des propositions visant à garantir leur durabilité.

La démarche méthodologique adoptée se base sur des suppositions dont les principales sont :

- La densité du couvert forestier reflète l'intensité de la pression sur les peuplements forestiers;
- Le développement et la présence des espèces locales témoignent des aptitudes des espaces ;
- L'objectif ultime de l'aménagement forestier est de concilier les usages avec les potentialités et ne peut aucunement être conçu dans un cadre de changement catégorique des affectations actuelles.

Rappelons que l'aptitude est la capacité du milieu naturel à offrir à une espèce donnée des conditions édapho-climatiques favorables à son développement. Quant aux vocations, elles sont plus larges dans la mesure où elles prennent en considération, en plus des conditions édapho-climatiques, des aspects socio-économiques. L'affectation constitue par contre une mise en œuvre pratique du concept de vocation. Ainsi on peut arrêter des affectations théoriques ou des affectations réelles. Ces dernières constituent l'utilisation de l'espace.

6.4.1 Aptitudes

Deux aptitudes seront prises en considérations :

- Aptitude forestière. Les terrains sont susceptibles de supporter des écosystèmes de type forestier et ne présentent aucune contrainte physique ;
- Aptitude non forestière. Elle regroupe les terrains avec forte limitation pour la croissance des espèces forestières, plus particulièrement les zones humides.

6.4.2 Vocations retenues

En fonction de la densité du couvert forestier, de la conformation du terrain, de la proximité des agglomérations et des points d'eau, les vocations potentielles peuvent différer. Ainsi, on peut les définir comme suit :

- Vocation forestière. Elle prédomine dans les espaces où le contrôle d'accès aux ressources pastorales et au prélèvement du bois, au titre d'exercice des droits d'usage, est assuré.

- Vocation pastorale. Elle est caractérisée par l'acuité de la pression pastorale ; quoique l'ensemble de la forêt reste soumis à cette pression. Elle est fortement concentrée aux pourtours des agglomérations. Son gradient décroît avec la distance aux douars et aux points d'eau.
- Vocation conditionnée dans les zones à fortes pentes, où la dégradation atteint des niveaux alarmants et où un contrôle rigoureux s'impose. Elle peut être envisagée dans les parcelles faisant l'objet d'une forte activité de délinquance.
- Vocation mixte (multifonctionnelle). Quoique l'ensemble de la forêt reste caractérisé par la multifonctionnalité, certains périmètres méritent d'être définis explicitement ainsi. Tel est le cas des zones à fort potentiel écotouristique, des zones limitrophes des plateaux et des espaces de rencontre des éleveurs.
- Vocation agroforestière. Elle sera privilégiée dans les zones à pente relativement faible, aux alentours des douars, là où la densité du peuplement forestier est trop faible et à proximité des points d'eau.

6.4.3 Démarche de détermination des vocations

Diverses approches opérationnelles peuvent être retenues pour déterminer les vocations. Elles peuvent être perçues comme étant l'aboutissement d'un processus d'aide à la décision. L'usage des SIG (Systèmes d'Information Géographique) s'avère précieux dans la détermination des vocations.

Steiner et ses collaborateurs (2000) soulignent la nécessité de déterminer trois catégories de vocations relativement à chacune des fonctions : vocation optimale ne présentant aucune limitation ; vocation soumise à risques, caractérisée par la présence d'un ou de plusieurs facteurs susceptibles d'influer sur la fonction et dont il y a lieu de tenir compte. Enfin, vocation indésirable, dont la mise en œuvre est condamnée à terme. La FAO préconise une classification en cinq classes de vocations. Cette conception pourra être appréhendée comme une intégration de la logique floue dans le processus d'analyse.

Les approches qui peuvent être adoptées pour la détermination des vocations diffèrent selon les modèles mis en œuvre et selon la fonction de classification (Ortigosa et al., 2000). Les modèles peuvent se baser sur des observations, des investigations de terrain ou sur des avis d'experts couplés à des investigations bibliographiques. La fonction de classification peut se baser sur différentes méthodes statistiques : régressions linéaires, modèles linéaires généralisés, analyse en composantes principales, analyse factorielle discriminante, « *bayesian methods* », ou d'autres algorithmes comme le « *Random Forest* ». La fonction de classification peut parfois prendre la forme d'une fonction d'utilité multi-attribut au sens des méthodes

d'aide à la décision ou d'une fonction multiplicative (Riitters et al., 1997 ; Ortigosa et al., 2000 ; Ray et Burgman, 2006 ; Store et Kangas, 2001 ; Morelle et Lejeune, 2000 ; Miller et al., 1998 ; Steiner et al., 2000 ; Breiman, 2004).

Dans notre mise en œuvre et vu les présomptions explicitées plus haut, les facteurs qui pèsent sur la réalisation des différentes fonctions sont connus (tableau 27). L'investigation ne cherche pas à établir leur contribution relative. Par conséquent, l'agrégation s'est basée sur une multiplication de deux types de fonctions, la première booléenne et multiplicative réservée aux contraintes dont l'absence ou la présence peut limiter la fonction en question et la seconde additive se rapportant aux différents facteurs.

Tableau 27. Influence des différents facteurs sur la réalisation des fonctions

Facteurs	Fonction				
	F	P	M	C	A
Biophysique					
Proximité des ressources hydriques	0	+	+	0	+
Sols productifs	+	+	0	0	+
Pente favorable (moyenne à faible)	0	+	0	-	+
Microclimat favorable	+	+	0	0	0
Z. d'intérêt paysager ou SIBE	0	+	+	+	-
Couvert végétal	+	+	+	0	-
Compatibilité avec l'usage actuel	+	+	+	-	+
Distance par rapport aux douars	+	+	+	-	+

Avec : F : Forestière ; P : Pastorale ; M : multifonctionnelle ; C : Conditionnée ; A : Agroforestière ; + : Facteur Influent ; 0 : peu influent ; - : sans influence.

Le jeu de données qui peut être mobilisé comporte :

- Les cartes des types de peuplement, les données d'inventaire des peuplements forestiers et la carte des substrats. Ceux-ci ont été digitalisés à partir des cartes réalisées par TTOBA (2002) dans le cadre de l'aménagement de la cédraie d'Ajdir.
- L'infrastructure routière, la localisation des points d'eaux et des douars et le réseau hydrographique. Ils ont été obtenus par digitalisation du fond IGN au 1/50 000. Le résultat obtenu peut être accepté avec une erreur standard avoisinant les 10 mètres.
- Les cartes de pente et d'altitude. Celles-ci ainsi que les analyses spatiales de proximité sont au format raster et ont une résolution de 30 mètres. En effet, faute de modèle numérique de terrain (MNT) à grande résolution, on s'est contenté d'un MNT dérivé de courbes de niveaux

digitalisées à partir d'une carte IGN au 1/50 000. Le résultat obtenu peut être accepté avec une erreur standard avoisinant les 10 mètres.

Les traitements pour la détermination des vocations ont été réalisés par le biais du logiciel SIG ArcGis Workstation 9.1 (ESRI, 2004).

6.4.4 Vocation forestière

Dans le contexte particulier de notre zone d'étude, il nous a semblé indispensable de donner un poids important aux formations forestières ayant actuellement une grande valeur. Ceci permet de favoriser les formations avec un bon potentiel de régénération et de production et celles faisant l'objet d'une faible pression (on suppose toujours que les espèces présentes témoignent des aptitudes du milieu, de même que leur état de développement actuel constitue le résultat palpable de la pression dont ils ont fait objet). Ainsi, on pourra prendre en considération plusieurs facteurs dont deux importants pour définir la vocation forestière : le degré de changement du couvert (par rapport à un recouvrement normal) et la pente.

6.4.4.1 *Le degré de changement du couvert*

En considérant que la présence d'espèce locale témoigne des aptitudes de l'espace, la densité actuelle du couvert peut traduire son changement par rapport à un recouvrement supposé normal. Ainsi, ces changements permettront de localiser les zones fortement exploitées et d'y palier à travers la définition d'interventions susceptibles de réduire les tendances. Différentes classes de changement du couvert seront retenues :

- Degré du changement 0 : couvert forestier peu modifié (couvert normal).
- Degré du changement 1 : couvert forestier modifié (couvert réduit).
- Degré du changement 2 : couvert forestier très modifié, couvert ayant une très faible densité.
- Degré du changement 3 : il désigne les occupations non forestières, soit un ancien couvert forestier très fortement modifié, vides ou clairières.

La figure 23 reprend les degrés de changement de couvert. Les niveaux retenus se basent sur la densité du couvert (TTOBA, 2002) et retiennent la classification adoptée par l'Inventaire Forestier National (IFN) (AEFCS, 1996a). Celle-ci définit un couvert dense pour des peuplements ayant un taux de recouvrement supérieur ou égal à 50%, un couvert normal à moyen pour ceux ayant un recouvrement entre 25 et 50%, un couvert clair ou réduit lorsque le recouvrement est entre 5 et 25% et des peuplements épars ayant un recouvrement inférieur à 5%.

6.4.4.2 Les autres contraintes

La pente constitue un facteur déterminant dans la mise en œuvre de toute réflexion sur l'aménagement du territoire. Le tableau 28 reprend une classification des pentes en fonction des aptitudes des sols. D'autres contraintes pourront également être considérées. Il s'agit de l'éloignement par rapport aux agglomérations rurales ainsi que la présence de sites d'intérêt biologique et écologique (SIBE) classés.

Tableau 28. Classification des pentes en fonction de l'aptitude potentielle adaptée d'après PARTEX (1997)

Pente en %	Aptitude
0-15	Agriculture et sylviculture de production avec possibilités de mécanisation
15-30	Sylviculture de production (possibilité de mécanisation avec de faible risque d'érosion)
30-45	Sylviculture de production et de récupération des sols
>45	Sylviculture de protection et de conservation des sols

6.4.4.3 Encadrement des résultats

L'intersection des cartes préalablement établies (degré de changement du couvert et des autres contraintes) permet l'obtention d'une multitude de combinaisons possibles. Ces dernières se réfèrent aux processus inhérents à l'utilisation des sols (Miller et al., 1998). Leur reclassement doit éclairer les grandes lignes de gestion de l'espace forestier à savoir : récupérer, préserver, contrôler ou produire. Ces classes de vocation seront définies comme suit (figure 24):

Zones forestières dégradées (ZFD)

- Comprend les degrés 2 et 3 du changement du couvert associés à des pentes qui dépassent 45 %.

Zones forestières à préserver (ZFP)

- SIBE ou zones susceptibles de le devenir (zones humides), ou la conjonction des deux facteurs suivants : degré de changement du couvert (0 ou 1) associé à une forte pente.

Zones forestières soumises à risque (ZFSR)

- Forte pente.
- Proximité d'agglomération rurale (0 à 500 mètres).

Zones forestières ayant une viabilité socio-économique (ZFVSECO)

- Pente inférieure à 30%.
- Éloignement par rapport aux agglomérations rurales (supérieur à 500 m).

6.4.5 Vocation pastorale

La détermination de la vocation pastorale s'est basée sur une fonction à deux termes. Le premier est multiplicatif. Il se rapporte aux contraintes

physiques : pente et zones humides. Le second terme est une fonction additive dont les paramètres sont : le type de couvert, la densité des peuplements, l'éloignement par rapport aux douars et aux points d'eaux.

La prise en compte de la pente a été intégrée sous forme d'une fonction sigmoïde avec deux asymptotes, la première tend vers zéro quand la pente est grande et la seconde tend vers l'unité (1) quand la pente est faible. Le point d'inflexion est situé à 30 et correspond au point séparant la phase de décélération de celle d'accélération de la fonction et à partir de laquelle la réduction des valeurs de la fonction est considérable ; la portée est de 3,5⁴⁷.

Le calcul de la fonction pastorale VP est réalisé comme suit :

$VP = Cpi \times Czh \times (Ftc + Fd + Feld + Fele)$; avec : *Czh*: contrainte présence de zone humide ; *Ftc*: facteur type de couvert ; *Fd* : facteur densité ; *Feld* : facteur éloignement aux douars ; *Fele* : facteur éloignement aux points d'eau ; *Cpi* : fonction traduisant la pente du pixel *i* (*Pi*), elle prend la forme :

$$Cp_i = 1 - \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{30 - P_i}{3,5}\right)}$$

Les valeurs attribuées aux facteurs précités sont consignées dans les tableaux suivants :

Tableau 29. Contribution du facteur type du couvert dans la fonction pastorale

TYPE DE COUVERT	Note
Chêne vert	3
Vide	3
Mélange Cèdre et chêne vert	2
Cèdre pur	1

Tableau 30. Contribution du facteur densité des peuplements dans la réalisation de la fonction pastorale

DENSITE	Note
Dense	1
Moyennement dense	2
Clair et épars	3

⁴⁷ Plusieurs auteurs ont souligné l'intérêt du recours aux fonctions sigmoïdes ; Morelle et Lejeune (2000) les ont utilisées pour l'élaboration d'une méthode quantitative d'évaluation de l'aptitude des terres à l'agriculture en Région wallonne.

Tableau 31. Contribution du facteur éloignement par rapport aux douars dans la réalisation de la fonction pastorale

ELOIGNEMENT PAR RAPPORT AUX DOUARS	Note
[0, 1500m[	3
[1500, 2500m[	2
> 5 Km	1

Tableau 32. Contribution du facteur éloignement par rapport aux points d'eaux dans la réalisation de la fonction pastorale

ÉLOIGNEMENT PAR RAPPORT AUX POINTS D'EAUX	Note
[0, 2000m[	3
[2000-5000m[	2
> 5 Km	1

Le résultat est présenté à la figure 25. La détermination des bornes des classes de vocation a constitué un grand problème. En effet, les valeurs de la fonction sont continues entre 0 et 12, les zones ayant des valeurs nulles ne s'approprient pas à la mise en place de cette fonction à cause d'une contrainte physique; pour les autres et après maintes tentatives, on a supposé que l'aptitude à la fonction pastorale est correcte à bonne à partir du seuil 5.

6.4.6 Vocation conditionnée par la pente

La détermination des vocations conditionnées s'est basée essentiellement sur le facteur pente. Elle concerne les zones dont la pente dépasse 45%. L'aspect délinquance n'a pas été intégré en raison de la difficulté de qualifier l'objet délinquance et à cause de la difficulté d'appréciation de l'acuité des délits dans les cas portant sur le surpâturage. La vocation conditionnée a été calculée comme suit :

$VC = F(P_i)$; avec $F(P_i)$ une fonction de la pente (P_i).

$VC=0$ si $P_i > 45\%$ sinon $VC= 1$.

La carte des vocations conditionnées est présentée à la figure 26.

6.4.7 Vocation agroforestière

La détermination de l'aptitude à la vocation agroforestière s'est voulue dans un premier temps ambitieuse. Toutefois et au vu des présomptions, contraintes foncières et du souci du non-changement radical de la configuration de l'espace, nous avons opté pour les pourtours des douars dans un rayon de 500 mètres ainsi que les enclaves et vides. Ici, une contrainte physique relative aux pentes inférieures à 30% a été prise en compte. La vocation agroforestière a été calculée comme suit :

$VA = CP_{30} \times F(eld) + EV$; avec $CP_{30} = 1$ si la pente est ≤ 30 , sinon 0 ;
 $F(eld)$: une fonction de l'éloignement au douar ; $F(eld) = 0$ si la distance au douar le plus proche $> 500m$, sinon $F(eld) = 1$. $EV = 1$ si l'emplacement correspond à une enclave ou à un vide, sinon $EV = 0$.

La carte de vocation agroforestière est présentée à la figure 27.

6.4.8 Vocations mixtes

Théoriquement, la détermination des vocations mixtes peut être conçue de différentes manières, soit par superposition des différentes vocations et choix des zones de recoupement soit par une détermination basée sur des critères arrêtés. Dans notre mise en œuvre et au vu du rôle social de la forêt et de son aptitude à la production ligneuse, on s'est contenté de déterminer les zones ayant un fort potentiel écotouristique.

$VM = F(elsr)$: Avec $F(elsr)$ une fonction de l'éloignement aux sites remarquables. Elle est égale à 0 si la distance > 500 mètres sinon 1.

Quant à l'occupation non forestière ainsi que les terrains jouxtant le domaine forestier (terrains collectifs ou privés), ils comporteront l'élevage dans les vides asylvatiques, l'agriculture vivrière, l'aire sociale des douars ainsi que les zones humides. Dans le cadre d'une vision intégrée, des aménagements pastoraux peuvent y être conçus de façon à réduire la pression sur la forêt. La carte des vocations mixtes est présentée à la figure 28.

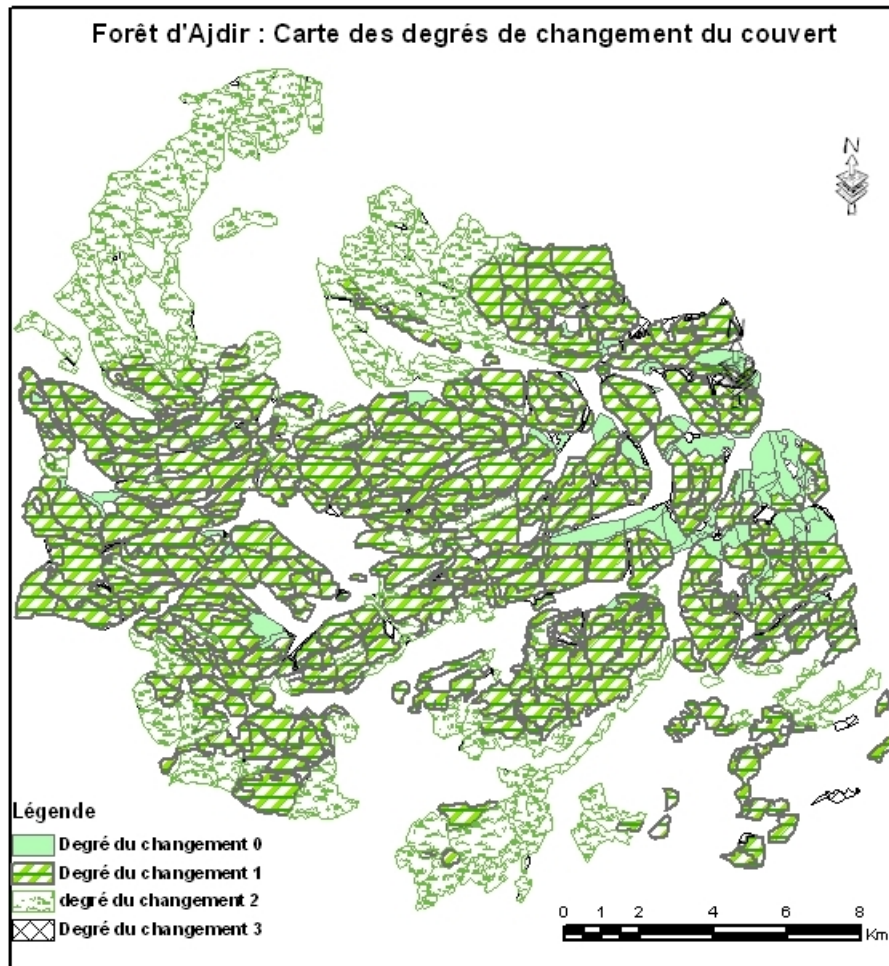


Figure 23. Carte des degrés de changement du couvert

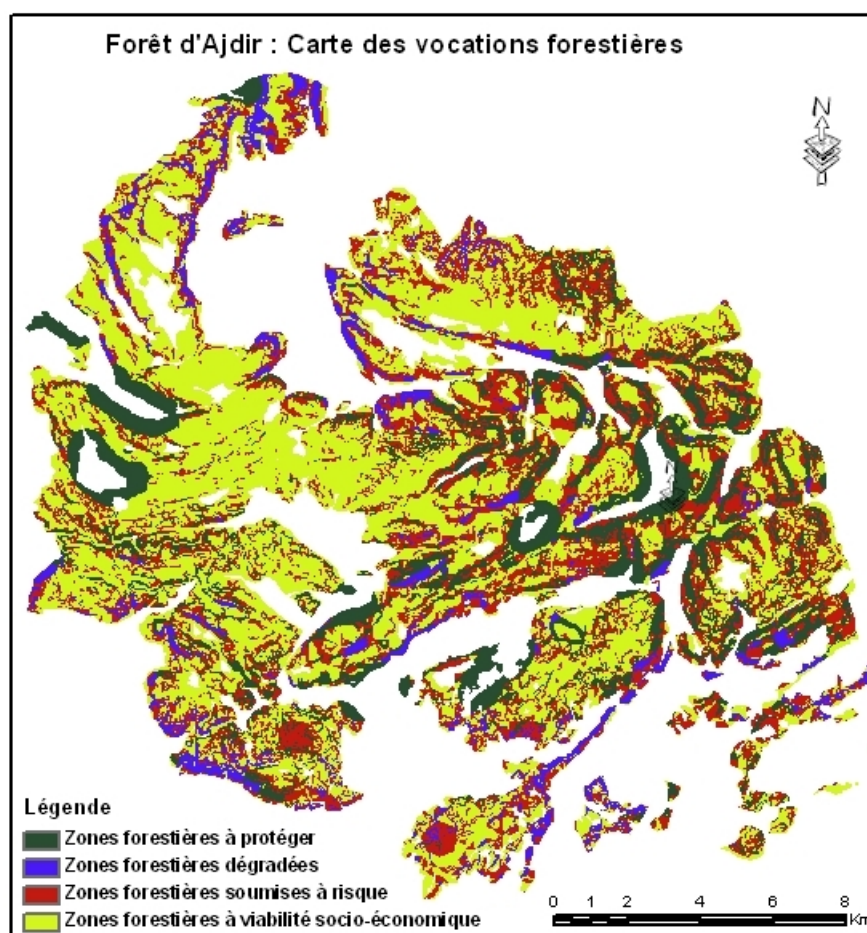


Figure 24. Carte des vocations forestières

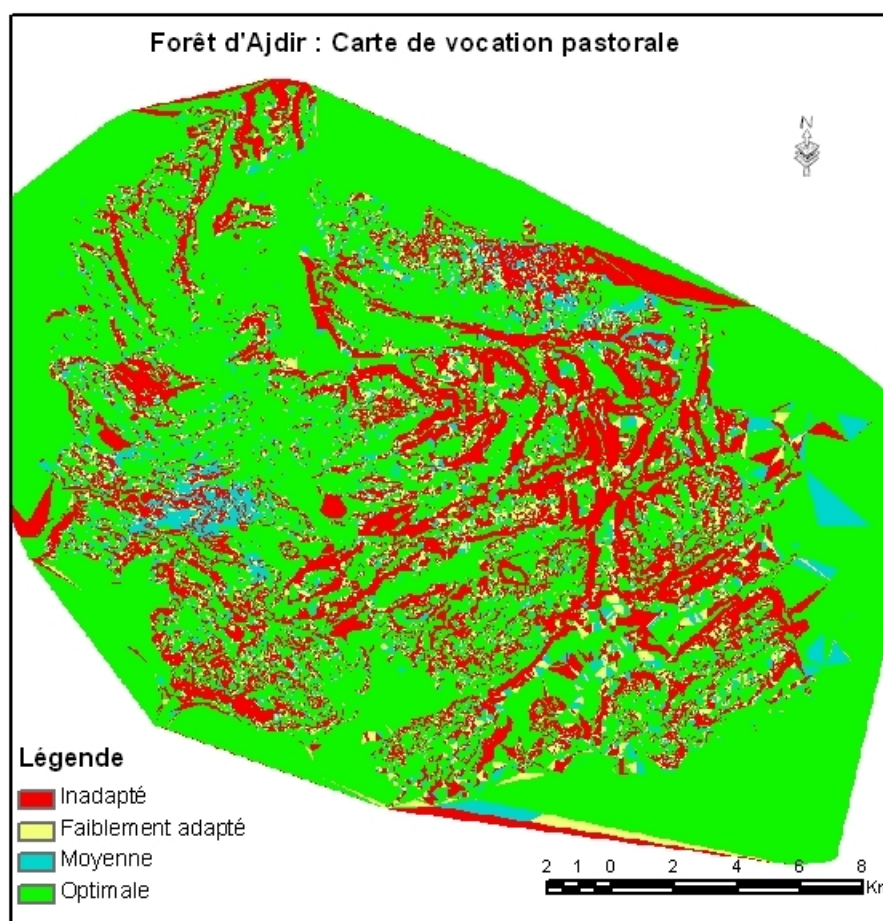


Figure 25. Carte des vocations pastorales⁴⁸

⁴⁸ La classification a considéré que (1) les zones inadaptées présentent la valeur de la fonction nulle, (2) les zones faiblement adaptées une valeur allant de 0 à 2, (3) les zones moyennement adaptées possèdent des valeurs allant de 2 à 5 et (4) les zones optimales ont des valeurs supérieures à 5

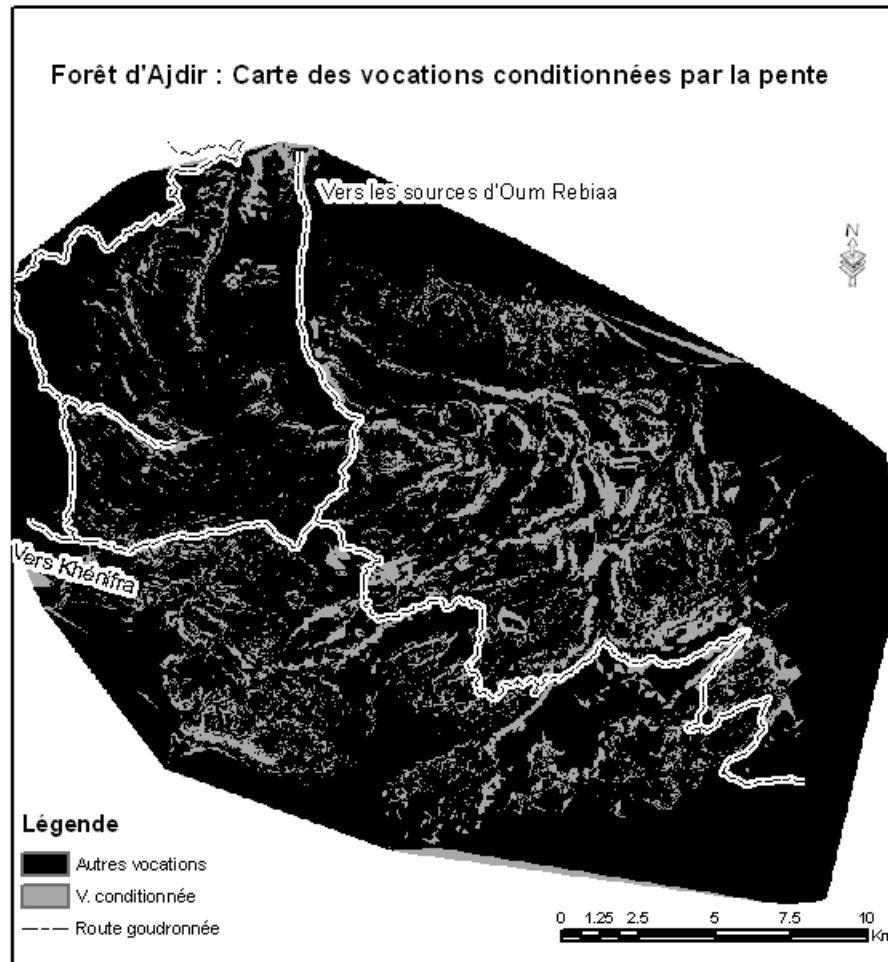


Figure 26. Carte des vocations conditionnées

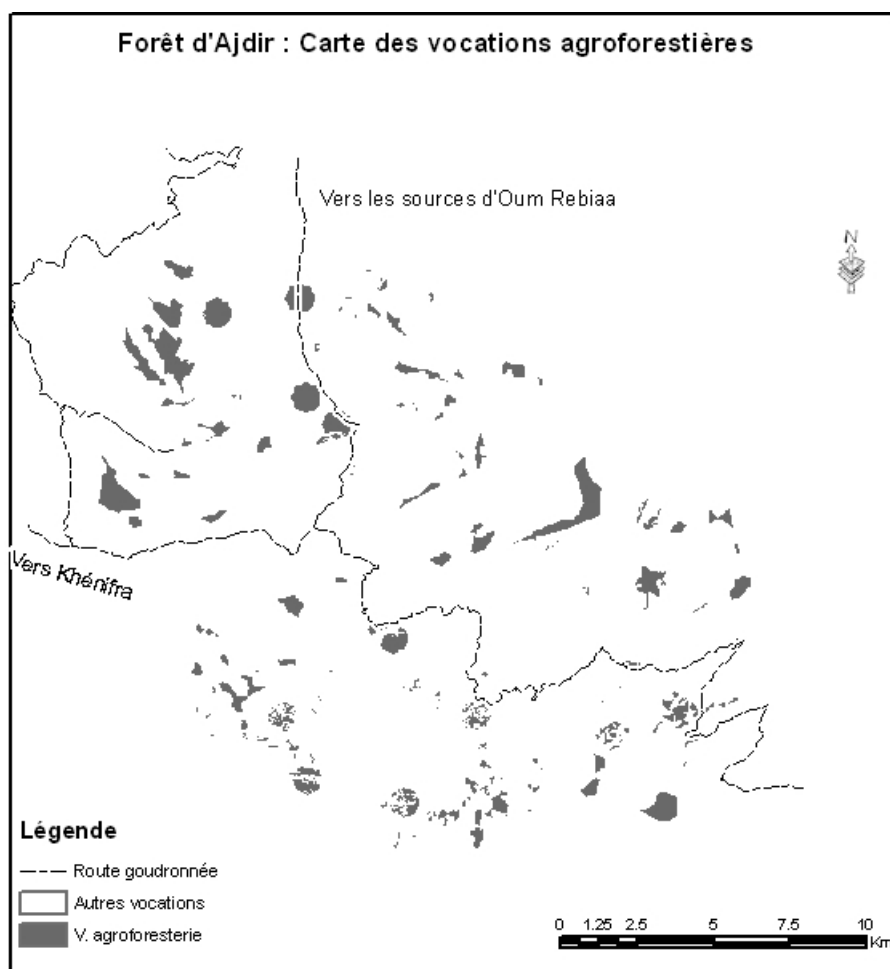


Figure 27. Carte des vocations agroforestières

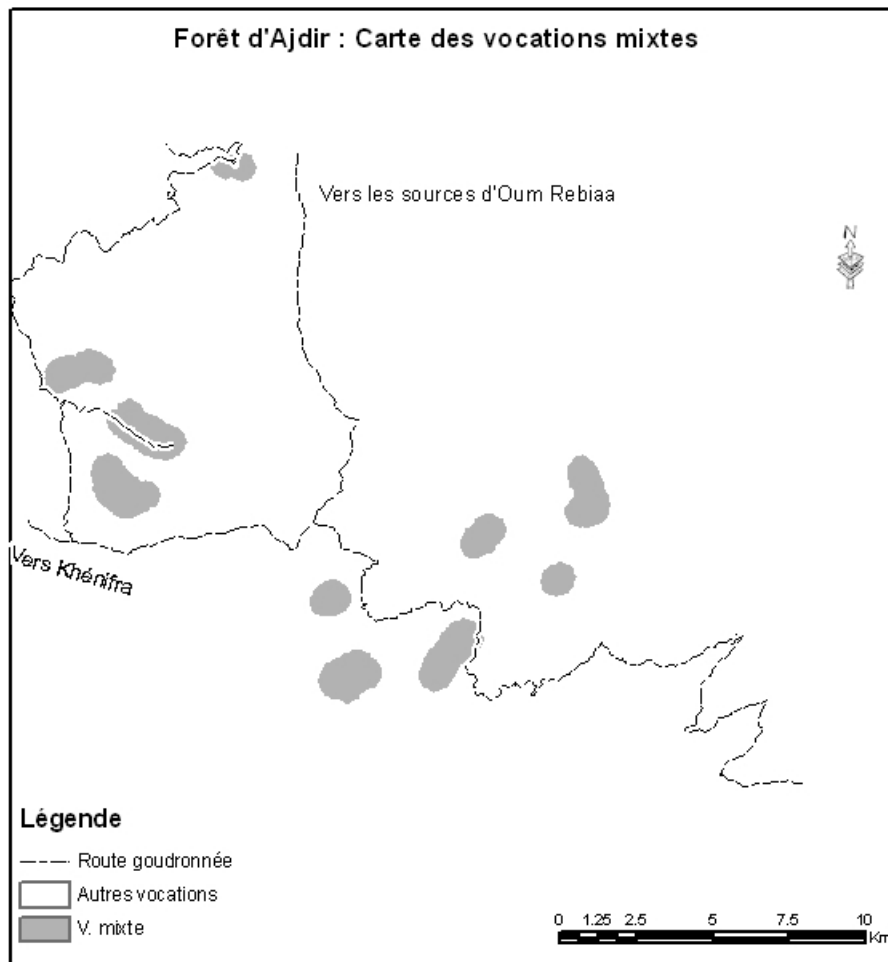


Figure 28. Carte des vocations mixtes

6.5 DEPOUILLEMENT

Si le cadre biophysique reste généralement favorable, il n'en demeure pas moins que la composante humaine reste prépondérante aussi bien dans l'explication de la pression actuelle et de l'évolution future des peuplements que sur les éventuelles stratégies d'aménagement à envisager dans l'espace.

6.5.1 Affectations potentielles

Les actions envisageables dépendront des affectations qui seront arrêtées. Ces dernières seront tributaires des spécificités socio-territoriales, du scénario et de l'alternative d'aménagement qui lui est associée. L'identification des classes de vocation forestière (issues de la conjonction des conditions du milieu et des résultats des processus d'utilisation de l'espace) permet de cerner quatre classes relatives aux unités d'actions potentielles. En fonction de ces lignes d'action, les affectations potentielles peuvent envisager : i) la production multiple d'application préférentielle dans les zones à préserver ; ii) la production ligneuse privilégiée dans les zones ayant une viabilité socio-économique ; et iii) le sylvopastoralisme et l'agro-sylvopastoralisme préconisés dans les zones à risques et pouvant même être envisagés dans les zones ayant une viabilité économique avec un degré de modification du couvert assez important.

Dans notre mise en œuvre, les principales affectations potentielles à retenir sont :

- Production multiple (écotourisme, chasse et loisir, pêche, paysage) : PM.
- Production forestière conditionnée par des règles strictes d'amélioration et de protection : PFC.
- Production ligneuse : PL.
- Récupération pour la production ligneuse : RPL.
- Sylvopastoralisme : SP.
- Sylvopastoralisme conditionné : SPC.
- Agrosylvopastoralisme : ASP.

La superposition des cartes de vocations permet de cerner une multitude de zones homogènes d'affectations potentielles. Le classement de ces dernières se basera sur les trois principes clés :

- La multifonctionnalité. Le recoupement de plusieurs vocations de nature contradictoire doit privilégier la production multiple.

- L'importance de la composante sociale. Le recoupement d'une fonction de production ligneuse et une fonction sociale doit être de nature à faire valoir la PFC.
- Le principe de précaution. Le recoupement de fonctions allant dans le même sens avec des acuités différentes (ASP et SPC ou PL et PFC) doit favoriser la fonction ayant le moindre impact sur les ressources.

Le tableau 33 présente une ébauche pour le choix des affectations potentielles. A titre d'exemple, dans un espace caractérisé par la vocation ZFVSECO et en l'absence de situations favorables aux autres vocations, l'affectation PL est à privilégier. De même que dans un même espace caractérisé par une aptitude à la vocation pastorale et par une vocation ZFVSECO, l'affectation SPC est à favoriser.

Tableau 33. Affectations potentielles de l'espace rural

Autres vocations	Vocations forestières			
	ZFVSECO	ZFSR	ZFP	ZFD
Forestière	PL	RPL	PM	SPC
Pastorale	SPC	SP	PM	ASP
Mixte	PM	PM	PM	PM, SP, ASP
Conditionnée	PFC	PFC, SPC	PM	ASP, SPC
Agroforesterie	SPC	SPC, ASP	PM	SPC, ASP

Avec PM : production multiple, PFC : production forestière conditionnée, PL : production ligneuse, RPL : récupération pour la production ligneuse, SP : sylvopastoralisme, SPC : sylvopastoralisme conditionné et ASP : agrosylvopastoralisme. ZFSECO : zone forestière à viabilité socio-économique, ZFSR : zone forestière soumise à risque, ZFP : zone forestière à protéger, ZFD : zone forestière dégradée.

A première vue, une prédominance de la composante SPC peut être révélée. Ceci émane des conditions du milieu et de la forte pression sur les ressources. Les affectations potentielles vont faciliter l'identification des éléments de spatialisation en l'occurrence, l'identification des séries-objectif et, par conséquent, les grandes lignes d'intervention à envisager. Au cours de cette identification, une plus ou moins grande sévérité pourra être accordée à l'une et/ou à l'autre composante. Ceci dépendra du scénario en question.

6.5.2 Mode de vie et organisation des groupements humains

Rappelons que les populations avaient développé des systèmes de production multi-usages pour l'exploitation harmonieuse du milieu naturel. Différents changements ont abouti à une rupture de ces équilibres (chapitre 2).

Au niveau de la forêt d'Ajdir, l'élevage reste la principale activité économique des riverains à l'exception du douar d'Amahroq où l'agriculture occupe une

place relativement importante. Les complémentarités liées aux pratiques traditionnelles et plus particulièrement à la transhumance sont déjà rompues. Les usagers se sont sédentarisés et la tente a cédé la place aux constructions en pisé, dur ou semi-dur.

6.5.3 Systèmes d'exploitation et leurs enjeux

Le système d'exploitation dans la forêt d'Ajdir est de type agrosylvopastoral. Les activités des populations locales sont organisées autour des trois composantes : agriculture, élevage (parcours) et forêt.

6.5.3.1 *Sur le plan agricole*

L'agriculture constitue une activité marginale. Les cultures pratiquées restent dans l'ensemble vivrières avec prédominance de la céréaliculture. L'arboriculture constitue une activité prometteuse⁴⁹.

6.5.3.2 *Sur le plan forestier*

Les prélèvements de bois de feu atteignent une moyenne de 15 t/foyer/an, soit 7 fois la moyenne consommée dans la province (TTOBA, 2002). Ceci est alarmant et relève de la faiblesse des ressources financières des populations locales.

Des prélèvements délictueux concernent le bois d'œuvre de cèdre. Chaque fraction exerce des actions de délinquance que ce soit pour son propre compte ou pour celui d'une autre fraction⁵⁰. Ces actes de délinquance sont perpétrés le plus souvent dans les parcelles qui leur sont avoisinantes. Les coupes délictueuses peuvent atteindre 196 m³; les Aït Boumezough constituent la fraction la plus agressive en raison de leurs faibles ressources.

⁴⁹ Elle constitue un véritable moteur du changement socio-économique du douar d'Amahroq.

⁵⁰ Il s'agit par exemple des douars d'Aït Ouahi et Aït Ayoub qui, en plus des actes de délinquance proprement dits, procèdent au transport du bois coupé délictueusement par les Aït Boumezough. D'autres fractions sont connues dans toute la région pour leurs activités de coupe de bois de cèdre. Il s'agit des Aït Lahcen de Taoujgalt (Khénifra) et des Chorfas de Tasquart qui peuvent venir exercer des coupes délictueuses dans la zone.

Sur le plan du bilan de bois de feu, les potentialités sont estimées à 10 480 t/an (tableau 34). Les besoins s'élèvent à environ 14 829 t/an (TTOBA, 2002), soit un déficit de 4 349 t/an.

Tableau 34. Potentiel de production de bois de feu de la forêt d'Ajdir adapté d'après ORT (1992)

Peuplement	Productivité (t/ha/an)	Superficie concernée (ha)	Production annuelle t/an
Chêne vert pur	0,58	6545	3 796
Cédraie – chêne vert	0,4	16070	6 428
Cédraie pure ⁵¹	0,21	1220	256
Total		24 516	10 480

En termes d'exploitations forestières régulières réalisées par le centre de développement forestier dans le cadre de l'ancien plan d'aménagement (1978-2001), les volumes exploités s'élèvent à :

- 214 169 m³ de bois d'œuvre,
- 436 056 stères de bois de feu de cèdre,
- 284 302 stères de bois de feu de chêne vert,
- 1 241 stères de bois d'œuvre de cèdre gisant,
- 251 834 Q de charbon de chêne vert.

Les ventes de ces produits ont permis d'assurer à la commune rurale des recettes moyennes de l'ordre de 9 027 134 Dh/an constituant plus de 98% du budget communal.

Si on se base sur un accroissement moyen annuel de l'ordre de 1,2 m³/ha/an pour le cèdre, les prélèvements dépassent les capacités de production de la forêt et on assiste d'ores et déjà à un prélèvement du capital productif sur pied ; ce qui peut expliquer l'évolution régressive de la structure des peuplements à l'issue de l'ancien aménagement.

6.5.3.3 Sur le plan pastoral

L'appréciation de l'impact des pratiques pastorales sur l'espace nécessite une comparaison entre les besoins des cheptels et l'offre fourragère des écosystèmes.

Si on se base sur une ration d'entretien de l'ordre de 300 UF/UPB/an (Naggar et M'Hirit, 2006), les besoins fourragers des troupeaux pâturant

⁵¹ Ceci semble logique si on considère un potentiel de production de bois de feu équivalant à 20% de l'accroissement et un coefficient de conversion (m³ au t) égal à 0,8.

dans la forêt d'Ajdir s'élèvent à 13 502 700 UF/an, auxquels il faut ajouter ceux d'un effectif de 6 410 UPB pâturent à titre saisonnier durant 3 mois, soit des besoins de l'ordre de 14 millions d'UF/an (tableau 35).

Tableau 35. Besoins fourragers du cheptel pâturent dans la forêt d'Ajdir

Parcs de parcours	Cheptels UPB	Besoins UF/an
Ait Boumazough	7 040	2 112 000 (15%)
Ait Boumzil (Ait Mai)	24014	7 204 200 (51,5%)
Ait AmouAissa	2080	624 000 (4,5%)
Ait Lahcen ou Said, Douar Amahroq et Ait Bouhamad	11 875	3 562 500 (25,5%)
Utilisateurs externes	6410	480 750 (3,5%)
Total	51 419	13 983 450 (100%)

L'offre fourragère émane de trois composantes de l'alimentation du cheptel : les parcours naturels, les terrains agricoles et la complémentation.

En forêt, les estimations de la production fourragère rapportent une production moyenne de l'ordre de 350 UF/ha/an. Quant aux terrains agricoles, ils contribuent en moyenne à l'équivalent de 250 UF/ha/an (TTOBA, 2002). Le tableau 36 résume l'offre fourragère.

Tableau 36. Contribution des différentes composantes au bilan fourrager des cheptels d'après TTOBA (2002)

Parc Pastoral des fractions	Terrains forestiers		Terrains agricoles		Complémentation	Total UF/an
	Surface (ha)	UF/an	SAU	UF/an	UF/an	
Ait Boumezough	9763	3 417 050	848	212 000	311 760	3 951 421
Ait Boumzil	7218	2 526 300	761	190 250	1 066 200	3 790 729
Ait Amou ou Aïssa	379	132 650	115	28 750	92 340	254 234
Ait Lahcen ou Said, Ait Bouhamad et Amahroq	3034	1 061 900	1267	316 750	2 430 600	3 813 551
Total	20 394	7 137 900	2991	747 750	3 900 900	11 809 935

L'analyse des tableaux précédents permet de relever, qu'à l'exception des Aït Boumezough, les autres parcs présentent un déficit fourrager prononcé. Ceci permet d'expliquer le poids de la complémentation. La faible trésorerie des éleveurs engendre un recours abusif à l'ébranchage des arbres forestiers au cours des périodes de soudure (surtout en automne et en hiver).

La charge d'équilibre au niveau de la cédraie d'Ajdir est estimée à 1,1 UPB/ha (TTOBA, 2002) ; un tel chiffre comparé aux effectifs des troupeaux des usagers donne une première idée du niveau de surpâturage.

En effet, le degré de surpâturage (S)⁵² relevé atteint en moyenne 56% (tableau 37).

Tableau 37. Degré de surpâturage au niveau de la cédraie d'Ajdir d'après TTOBA (2002)

Parcs de parcours	S (%)
Ait Boumezough	Sans surpâturage
Ait Boumzil (Ait Mai)	66,8
Ait Amou Aissa	80,0
Ait Lahcen ou Said, Douar Amahroq et Ait Bouhamad	71,8
Forêt	56,3

Des taux de surpâturage assez élevés permettent d'expliquer le manque de régénération naturelle des peuplements forestiers, d'apprécier la viabilité des systèmes d'exploitation actuels, et de souligner la nécessité d'entreprendre des actions visant la réduction de la pression sur les ressources naturelles.

6.5.3.4 Sur le plan social

Partout au Maroc, le constat fait état d'un retard de développement⁵³ des populations rurales par rapport à celles des villes, ainsi que des zones de montagne par rapport à celles des plaines (MADRPM, 1999). Dans la zone d'Ajdir le même constat est de mise. Les populations très pauvres ayant un faible niveau de vie sont à la quête de besoins prioritaires ou de survie, premier niveau de la pyramide de Maslow. Ceci est entériné par la nature des priorités identifiées par les populations locales et qui portent sur l'eau potable (aménagement des sources), le désenclavement (aménagement de piste), l'amélioration des facteurs de production (mobilisation des ressources hydriques, appui pour la mise en œuvre d'autres activités agroforestières).

La faiblesse des ressources financières des populations locales les laisse fortement dépendantes des ressources naturelles pour la constitution de leurs revenus. Une telle situation se manifeste par une forte dégradation des ressources.

Une baisse démographique a été constatée entre 1980 et 1994. Cette tendance devrait rapidement s'inverser suite à l'engorgement du marché de l'emploi dans la ville avoisinante (Khénifra) et du taux de natalité

⁵² $S = (1 - Ce/Cr) \times 100$; avec Ce : charge d'équilibre et Cr : charge réelle.

⁵³ Ici en termes d'accès aux infrastructures de base et du niveau de vie des populations locales.

relativement élevé⁵⁴ dans la zone. Les prémices de cette inversion semblent être claires si l'on compare les chiffres du recensement général de la population de 1994 et ceux obtenus par la cellule du projet Khénifra en 2004 (HCEFLCD, 2004).

6.5.3.5 Synthèse

En matière de gestion pastorale, deux éléments sont à souligner : (1) un relatif statu quo en matière de politique foncière et (2) l'imprécision en matière de réglementation du droit et des conditions d'usage des pâturages. Selon Abaab et ses collaborateurs (1995), les abus en matière d'accès aux ressources et les conflits sociaux chroniques révèlent l'absence de principes clairs sur lesquels se fonder pour reconnaître en toutes circonstances la nature d'une communauté (qui sont les ayants droit ?) et les modalités d'utilisation des ressources (les règles d'usage). Cet état de fait explique la persistance des problèmes liés à l'utilisation des pâturages collectifs en général au Maroc⁵⁵. En effet, la charge excessive liée à un parcours non contrôlé et l'abandon des traditions pastorales entraînent une dégradation du milieu et une réduction des espèces pastorales (TTOBA, 2002). Le tassement du sol par piétinement continu modifie la texture du sol et l'expose davantage à l'érosion ; la germination devient rare voir impossible dans de telles conditions. Le broutement sélectif des plantes pastorales palatables favorise la dissémination d'espèces non fourragères ou à faible palatabilité et ce aux dépens de celles ayant de plus grandes valeurs pastorales. La figure 29 illustre les enjeux liés aux parcours collectifs.

⁵⁴ Il a été démontré que le taux de natalité est plus important dans les zones forestières à cause du faible encadrement en matière de planification familiale et de l'inaccessibilité des moyens de contraception.

⁵⁵ La presque totalité des terrains de parcours est exploitée sans aucune réglementation pastorale. L'impact du pâturage est à l'origine des problèmes complexes qui se posent aussi bien au niveau de la régénération des écosystèmes forestiers que des parcours eux-mêmes.

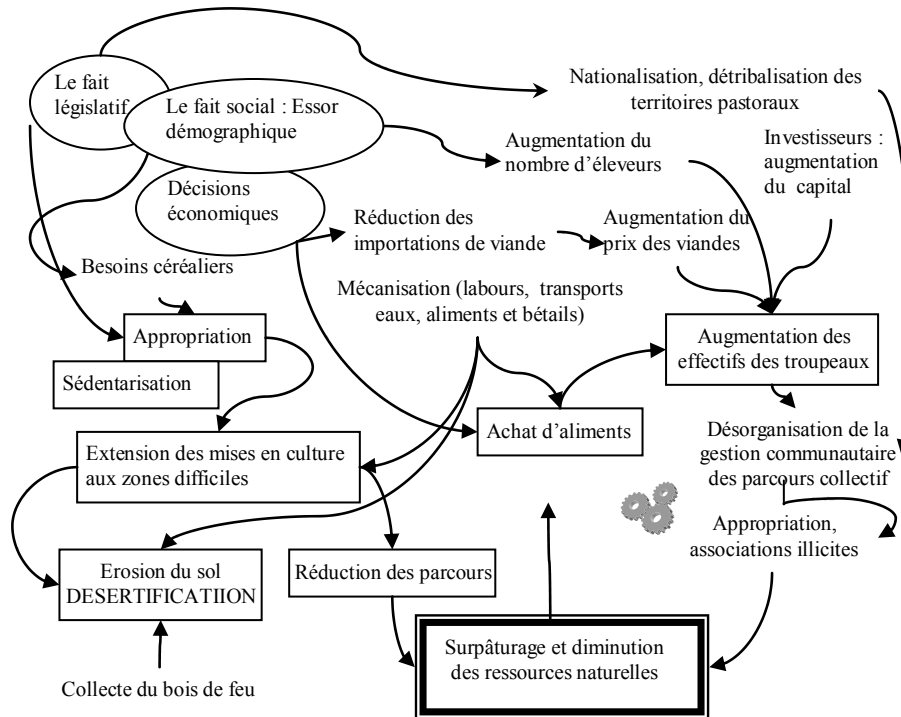


Figure 29. Enjeux afférant aux parcours collectifs d'après Abbab et al. (1995)

Dans les milieux dégradés et fortement convoités, les troupeaux ont recours à la végétation ligneuse pour compléter leur ration. Ils s'attaquent de préférence aux jeunes plants de cèdre ou aux rejets et feuillage de chêne vert. Une telle pression affecte aussi bien la strate arbustive qu'herbacée (figure 30). Cette situation est amplifiée par la faible production en viande en comparaison à la production primaire et par le maintien de la pression à long terme. En effet, l'évolution de l'effectif des cheptels qui dépend des conditions climatiques (pluviométrie) et de la période de l'année semble être maintenue.

A cette situation de dégradation pastorale viennent s'ajouter les opérations d'écimage et d'ébranchage des arbres au cours des périodes de soudure ainsi que les coupes délictueuses du bois vif. Ceci engendre des blessures qui constituent une source de stress et un préalable au dépérissement des arbres sur pied.

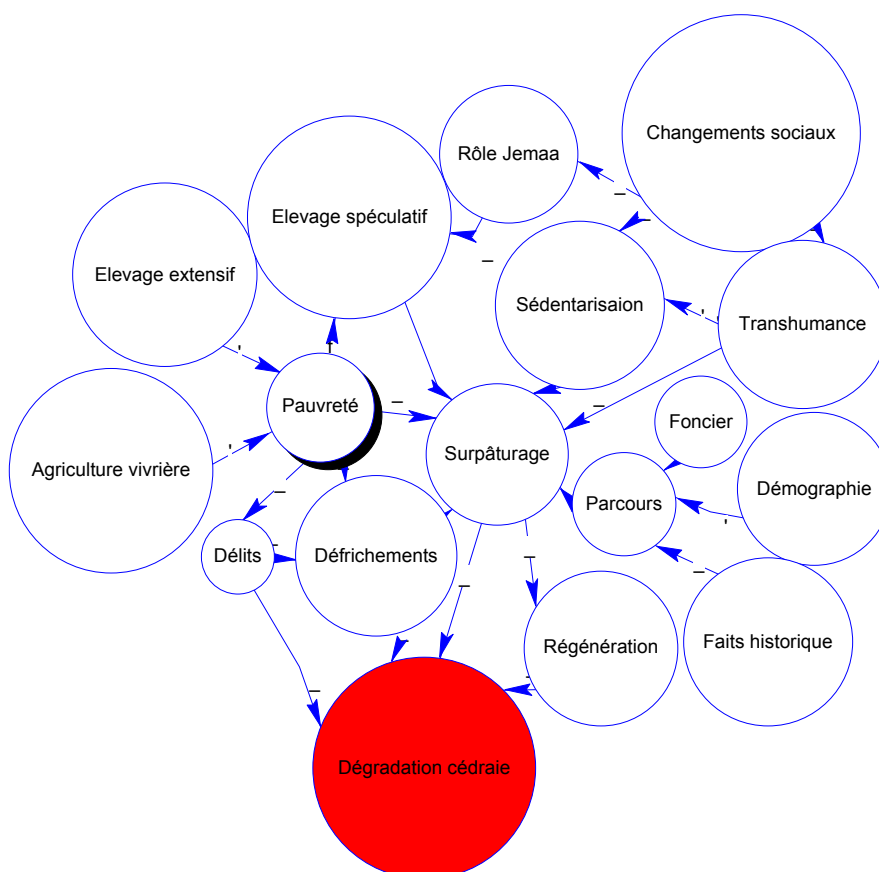


Figure 30. Facteurs abiotiques de dégradation dans la zone d'étude

En conséquence, les pratiques actuelles d'utilisation des ressources naturelles conduisent à une fragilisation des milieux naturels et à une détérioration des équilibres sociaux et biologiques. Cet état de fait constitue l'aboutissement d'un « *processus historique de transformation sociale* » (Auclair, 1996) dont les principaux traits sont :

- La désagrégation des formes de régulation communautaire accompagnée par un libre accès aux ressources.
- L'accroissement démographique et l'accroissement des besoins qu'il a engendré (besoins des populations et des troupeaux, de sol à cultiver, ...etc.).
- La stabilisation des troupeaux en montagne.
- La sédentarisation des éleveurs et l'accroissement de l'importance du capital sol par rapport au capital cheptel (élevage).

- Le développement d'un élevage spéculatif et la disparition progressive des petits éleveurs.
- La rareté des terres qui a vite conduit au déséquilibre avec tout ce que cela engendre comme répercussions.

De ce qui précède, des tendances lourdes d'accroissement de la pression sur les ressources naturelles s'avèrent soutenues. Ainsi, toute stratégie d'aménagement doit prendre comme élément central d'apporter des éléments de solutions aux problèmes de pauvreté rurale.

6.6 CONCLUSION

Si le contexte biophysique reste favorable, les évolutions récentes au Moyen Atlas ont conduit à une « *crise spatio-culturelle* » caractérisée par la régression du rôle régulateur des institutions tribales et par l'émergence de nouvelles stratégies d'acteurs, et à une rupture des complémentarités existant jadis. Ce déséquilibre s'est manifesté par une régression des ressources naturelles (parcours et forêts).

L'analyse de l'organisation socio-spatiale et des dynamiques sociales a montré la place des institutions traditionnelles locales dans la gestion des ressources naturelles d'une part et la nécessité d'anticiper le changement en imitant certains exemples éloquents dans la région d'autre part ; tels seront les éléments clés de l'aménagement de l'espace rural. Cette mise en œuvre devra émaner de l'analyse prospective en développant des scénarios à partir des tendances globales du système de façon à mieux en tenir compte lors de l'identification des actions à réaliser.

De par la multitude des acteurs et des conflits potentiels susceptibles de surgir, la médiation s'impose (Oulemouhoub, 2005). En effet, la forêt ne peut être assimilée à un sanctuaire protégé, à un espace de loisir, à une « *machine de production ligneuse* » ou encore à un espace pastoral. Cette médiation est de nature à concilier les intérêts divergents des différents acteurs et à conjuguer les exigences de l'éleveur, du forestier, de l'écologue et du simple visiteur (Fischesser, 2004). Ainsi, l'intégration de la population dans le processus de gestion et d'aménagement de la forêt s'avère être de première importance et elle est fortement recommandée partout où la multifonctionnalité est apparue comme une nécessité (Bruciamacchie, 2004). Dans notre contexte, l'analyse conjointe des besoins prioritaires réalisée dans le cadre des ateliers participatifs avec la population constitue le premier élément à mettre en exergue. Toutefois, elle n'aura pas de retombées positives si ces actions, ou du moins celles de premières priorités, ne sont pas implémentées.

Les auteurs soulignent la nécessité de clarifier le rôle des acteurs dans ce processus ainsi que leur organisation en instances de concertation. Ceci peut être approché en faisant revivre l'institution communautaire *Jemâa* et en s'imprégnant des facteurs de son succès, à savoir : des ayants droit bien définis, des règles bien établies et caractérisées par leur souplesse et une sécurisation des acteurs quant à leurs ressources communautaires.

L'analyse des potentialités du milieu fait ressortir l'impossibilité de maintenir les modes de production actuels aux rythmes actuels. A travers le diagnostic socio-économique, on peut d'ores et déjà anticiper les dynamiques des changements dans la zone. Le douar d'Amahroq et les sources d'Oum Rbiaa constituent des bons précurseurs, le premier pour l'arboriculture fruitière et le second pour l'écotourisme. Ces deux activités pourraient constituer de véritables leviers pour l'économie locale et permettre d'alléger la pression sur la forêt.

Sur un autre plan, le souhait exprimé par les fractions les plus agressives, de création de coopératives forestières, traduit leur prédisposition au retour au respect de la légalité.

En définitive, l'aménagement de la forêt d'Ajdir doit donner une première place à la composante sociale. Sa stratégie de mise en œuvre doit impérativement comporter : l'organisation des populations locales, la création d'activités génératrices de revenus en s'imprégnant des dynamiques locales d'utilisation de l'espace, la mise en place d'infrastructures sociales et l'instauration d'actions d'accompagnement au profit des riverains.

Objectifs à assigner à l'aménagement de la cédraie d'Ajdir

Des interventions visant des solutions en harmonie avec les composantes du milieu d'un côté et les différents acteurs de l'autre s'avèrent urgentes; telle sera la finalité des objectifs stratégiques de l'aménagement multifonctionnel de la forêt d'Ajdir.

Les objectifs doivent traduire les orientations de la politique forestière nationale et plus particulièrement le PFN. Ce dernier vise la conservation et la mise en valeur durable des écosystèmes forestiers. La stratégie globale du PFN s'articule autour de trois axes : la gestion patrimoniale de la forêt, le développement des zones périforestières et le développement d'actions de partenariat avec les acteurs concernés par la forêt. Conformément à ces directives, les objectifs assignés à un aménagement peuvent être hiérarchisés en fonction de « *l'utilité collective et de la faisabilité socio-économique* » (MDCEF, 1998). Ils portent sur la protection des sols et la

régularisation des eaux, le développement socio-économique des populations rurales, la production de bois pour l'industrie et l'artisanat, la protection de la biodiversité et de l'environnement et la production de services pour les populations urbaines.

Il importe de raisonner sur la base d'unités socio-territoriales homogènes. Les principaux objectifs stratégiques autour desquels doit être développée une stratégie de gestion durable de la cédraie d'Ajdir sont :

- Assurer la conservation et la pérennité de la cédraie.
- Assurer un développement socio-économique des zones forestières et périforestières et asseoir les bases d'un développement rural intégré.
- Assurer la durabilité des différents systèmes de production locaux.
- Tirer profit des dynamiques locales d'utilisation de l'espace, en stimulant le développement de filières ou d'activités génératrices de revenus prometteuses et ayant de faibles impacts sur l'environnement.

Pour parvenir à ces objectifs il s'impose d'élucider les enjeux à travers une présentation du cadre prospectif et le développement d'un certain nombre de scénarios d'aménagement qui seront explicités en alternatives de type cheminement.

CONCLUSION DE LA TROISIEME PARTIE

Le diagnostic socio-économique et l'étude des vocations ont permis de cerner les contraintes et les enjeux pesant sur la zone d'étude.

L'étude des vocations présente l'avantage d'avoir utilisé des informations disponibles et adaptables à une échelle relativement grande. Cependant, certaines vocations et plus particulièrement les vocations sylvopastorales semblent ne pas tenir compte des faciès pastoraux actuels ainsi que des choix techniques retenus. Par rapport à ces derniers se posera la question des priorités et en particulier la hiérarchie entre préservation et reconstitution. Se posent aussi les questions de maîtrises foncières et d'appropriation, ainsi que les implications spatiales de celles-ci.

Les informations issues de l'étude des vocations seront utilisées à la fois dans l'identification des scénarios et alternatives et lors de la mise en œuvre de l'approche quantitative.

PARTIE IV

RESULTATS ET DISCUSSIONS

"Même dans l'hypothèse la plus favorable aux anticipations, celle où demain sortirait d'aujourd'hui par le jeu implacable d'un déterminisme rigoureux, la prévision des faits futurs dans leur innombrable multitude et leur immense complexité dépasserait infiniment tous les efforts dont l'esprit humain est capable et ne serait possible qu'à une intelligence infiniment supérieure à la nôtre. " (Louis de Broglie)

...tout de même essayons !

Cette partie du travail comprend la mise en œuvre de l'approche basée sur les méthodes quantitatives ainsi que celle basée sur les scénarios.

La première démarche a eu recours aux techniques quantitatives pour l'identification des décisions stratégiques. Les niveaux optimaux des différents objectifs quantifiables ont été déterminés en utilisant la programmation linéaire. Les résultats issus de ces modèles linéaires ont été imposés aux décisions tactiques comme des objectifs à rechercher.

La seconde démarche s'est basée sur les scénarios. Ces derniers constituent des stratégies d'aménagement adaptées à un contexte prospectif donné. Ils sont traduits en alternatives d'aménagement reprenant les actes de gestion envisageables. Le choix du meilleur scénario s'est basé sur les méthodes multicritères d'aide à la décision (et ce en utilisant des critères et indicateurs d'évaluation bien définis). Ceci suppose l'intégration des décisions tactiques et la simulation de l'évolution des peuplements. L'identification des interventions sylvicoles envisageables par chacun des scénarios s'est basée sur les algorithmes génétiques.

7. APPROCHE QUANTITATIVE POUR LES DECISIONS STRATEGIQUES

Cette composante de notre étude cherche, à travers le développement d'un aménagement basé sur le principe de l'usage multiple de la forêt en ayant recours aux techniques quantitatives, à déterminer les niveaux « optimaux » à atteindre pour les objectifs quantifiables, en l'occurrence, la production du bois et de l'emploi.

L'amélioration des revenus des populations permet la réduction de la pression subie par la forêt. Désormais, la création d'activités génératrices de revenus s'impose. Au vu des potentialités écotouristiques de la zone, on peut penser au développement de l'écotourisme, de la pêche continentale et à l'augmentation de l'offre de travail en forêt. Toutefois, les deux premières activités dépassent le cadre de la présente étude⁵⁶, et on ne retiendra que l'offre d'emploi dans les activités forestières. L'accroissement de l'emploi permettra d'accroître les revenus des populations usagères. Toutefois, ces emplois n'auraient d'impact sur les populations locales que s'ils sont soutenus dans le temps, assurant ainsi des revenus réguliers aux populations locales et une stabilité sociale et politique.

Deux objectifs principaux à maximiser ont été retenus ; ceci ne signifie pas qu'ils sont les seuls objectifs des modèles. En effet, certaines contraintes peuvent constituer en elles-mêmes des objectifs pour lesquels on fixera un niveau minimum à atteindre ou un niveau maximum à ne pas dépasser (ressources offertes ou demandées). Ainsi à titre d'exemple, la régularité de la structure des peuplements ou l'effort de régénération à consentir peuvent être imposés au modèle en tant que contraintes puisqu'il s'agit des objectifs premiers d'un aménagement forestier.

⁵⁶ Ce choix émane du fait qu'il est difficile de formuler de manière rigoureuse les modèles représentant ces deux objectifs. En effet, il n'est pas évident de déceler et de quantifier l'impact d'une quelconque activité sylvicole sur la faune piscicole. De même que la méconnaissance de l'emplacement exact de l'intervention ne permet pas d'apprécier son impact sur le paysage.

Dans ce qui suit, on présentera en premier lieu les informations nécessaires aux modèles, on détaillera ensuite la formulation des modèles quantitatifs d'aménagement pour passer enfin à la présentation des résultats obtenus.

7.1 INFORMATIONS NÉCESSAIRES AUX MODÈLES

Un modèle de programmation linéaire pour l'aménagement des forêts nécessite trois catégories d'information (Hlal, 1988) :

- Des informations concernant les objectifs d'aménagement.
- Des informations relatives aux restrictions sociales, économiques, environnementales et techniques qui seront imposées aux différents objectifs.
- Des informations se rapportant aux ressources disponibles.

La première catégorie permet de définir l'(es) objectif(s) du modèle, la seconde et la troisième permettent de définir les contraintes qui lui seront imposées.

7.1.1 Objectifs de l'aménagement

L'étude s'intéressera à la forêt d'Ajdir (excepté sa partie comportant du chêne vert pur) concernée par les objectifs globaux préalablement définis (chapitre 6). L'aménagement de la composante chênaie verte doit faire valoir la promotion de bois de feu ainsi que celle de la production pastorale.

Les objectifs préalablement arrêtés sont : i) assurer la pérennité de la cédraie par voie de régénération naturelle et artificielle et par l'adoption d'une sylviculture appropriée aux fins de production de bois d'œuvre ; ii) assurer un développement socio-économique des zones périphériques ; iii) assurer la durabilité des systèmes de production locaux et iv) anticiper les dynamiques locales d'utilisation de l'espace.

Le premier objectif concerne deux éléments ; d'abord la pérennité de la forêt et ensuite l'amélioration de son potentiel productif. Les facteurs qui pèsent sur la réalisation de cet objectif sont le surpâturage et les coupes délictueuses de bois. La conservation de la forêt peut être liée de façon directe ou indirecte au cheptel et à l'emploi. L'emploi peut être généré en favorisant une production « intensive en matière de création d'emplois ». En effet, les opérations d'installation des peuplements, d'amélioration et d'exploitation de bois sont les plus pourvoyeuses d'emplois. Ces emplois génèrent des revenus aux populations locales. De ce fait, la maximisation d'emploi peut être considérée comme un objectif principal parallèle à la production ligneuse.

Malgré l'excellence du bois de cèdre, il ne participe qu'à une hauteur ne dépassant pas 15% des besoins nationaux en la matière (Benabid, 2002). La maximisation de la production de bois de cèdre est en mesure de contribuer à réduire le déficit de cette balance et doit être considérée comme un objectif prioritaire. L'augmentation des volumes de bois d'œuvre mis en vente permet de contribuer au développement de la filière de transformation de bois au niveau local et par conséquent à un développement socio-économique de la zone forestière et périforestière.

Une sylviculture orientée vers la production de bois peut être traduite par des peuplements ayant une structure susceptible d'assurer une production « optimale ». Pour des raisons de simplicité et de facilité de gestion, on imposera aux modèles d'acheminer les peuplements à la fin de l'horizon de planification à une structure régulière.

L'analyse des volumes de cèdre mis en vente au niveau national au cours des cinq dernières années révèle que l'exploitation du cèdre donne en moyenne entre 36% et 47% de bois de feu. Ces chiffres restent variables et peuvent dépasser ces valeurs moyennes (cas des peuplements attaqués par des maladies cryptogamiques ou sénescents). Par conséquent, la maximisation de la production du bois de cèdre permettrait de répondre à l'objectif de production de bois de feu. Ce dernier peut provenir également des coupes à programmer dans la série de chêne vert avoisinante ; ceci reste néanmoins au dehors du cadre d'application de cette étude.

L'objectif de durabilité des systèmes de production locaux peut être conçu dans une réduction de la pression et dans l'accroissement de l'offre fourragère et pastorale. Il peut être envisagé à travers un respect scrupuleux de la contrainte de mise en défens, soit un maximum de 20% de la surface de la forêt (on l'appliquera non plus à l'ensemble de la forêt mais à chaque unité socio-spatiale à part). Cet objectif pourra également être recherché dans la composante chênaie verte de la forêt.

Il est à noter que la promotion d'autres activités génératrices de revenus (la pêche continentale, l'écotourisme et le tourisme rural) ne sera pas intégrée dans ce modèle.

Finalement, la mise en œuvre de modèles sociaux et de production ligneuse peut être traduite en termes d'emplois générés en hommes-jours (HJ) et de volumes de bois exploité exprimés en mètres cube (m³).

Il reste à souligner qu'une planification qui ne tient pas compte des capacités de financement reste difficile à appliquer. Toutefois, et même si on pense à la minimisation des coûts de mise en œuvre de l'aménagement, la

présence d'un horizon de planification dépassant les 200 ans et l'absence de modèles d'évolution des différents coûts et de l'inflation, rend toute estimation des budgets malaisée voire irréaliste.

7.1.2 Restrictions du modèle

Les contraintes suivantes doivent être considérées par le modèle :

- Les contraintes de surface. Il s'agit de la contrainte technique de surface et la contrainte légale de mise en défens. La première impose au modèle de se limiter aux surfaces déjà disponibles et ne pas dépasser les ressources disponibles. La seconde impose au modèle de ne pas exclure du parcours plus du cinquième de la superficie de chaque terroir (unité socio-spatiale).
- La contrainte de *normalité* répond à la préoccupation d'avoir une structure régulière à la fin de l'horizon de planification.
- La contrainte de rendement soutenu permet de réduire les variations des productions périodiques aussi bien en termes de bois que d'emploi et garantit au modèle une certaine stabilité des productions périodiques.

7.1.3 Organisation spatio-temporelle

7.1.3.1 *Les unités d'aménagement*

Pour le choix des unités d'aménagement, il nous a semblé nécessaire de les projeter aux différents terroirs d'exercice du droit de parcours (unités socio-spatiales). Le tableau 38 présente la surface et le volume du cèdre sur pied des différentes unités d'aménagement.

Tableau 38. Surface et volume initial du cèdre sur pied par fraction et par stade de développement prédominant

Parc	Composition	Surface en ha ⁵⁷				Volume en m3/ha			
		J	A	V	D	J	A	V	D
A. Boumezough	Mélange	1158	3985	699	539	163	184	172	118
	Cèdre Pur	42	316	67	0	200	197	241	0
A. Boumzil	Mélange	1547	2812	282	170	178	142	130	104
	Cèdre Pur	319	529	7	0	285	228	146	0
A. Lahcen ou Said	Mélange	1250	1021	124	0	140	157	126	0
	Cèdre Pur	9	60	8	0	203	192	217	0
A. Ouahi (A. Amou Aissa)	Mélange	181	279	0	0	83	124	0	0
	Cèdre Pur	16	10	7	0	22	76	87	0
Total		4521	9013	1193	709	----	----	----	---

Rappelons que les peuplements de cèdre de la forêt d'Ajdir présentent une structure jardinée à irrégulière avec prédominance de sujets dont la circonférence est comprise entre 40 et 80 cm. Par parcelle, les volumes sur pied vont de 57 à 286 m³/ha. Par unité d'aménagement, les volumes oscillent de 0 à 285 m³/ha. La structure élémentaire irrégulière est le fruit des pressions auxquelles a été assujettie la forêt : surpâturage, exploitation délictueuse et pratiques forestières associés à la difficulté d'installation de la régénération naturelle.

Les données du tableau 38 ont été obtenues en combinant les résultats de l'inventaire, avec la carte des types de peuplement et avec la carte des terroirs pastoraux. L'inventaire et la typologie des peuplements ont été réalisés par TTOBA (2002) dans le cadre de l'aménagement de la forêt d'Ajdir. Sur le plan pratique, la carte des parcs pastoraux a été superposée à la carte des compositions et à la carte des stades de développement de cèdre. Les données d'inventaire ont été également retravaillées pour déterminer le volume initial des peuplements sur pied ainsi que les accroissements moyens annuels par unité (issue de la superposition). A cause de l'irrégularité de la structure du peuplement, l'identification du stade de développement des peuplements de cèdre s'est basée sur le type de peuplement prédominant. Les strates, caractérisées par la présence de peuplements dépérissant, ont été considérées comme faisant partie d'un état de développement particulier et ce pour bénéficier d'un traitement approprié.

⁵⁷ Les stades de développement correspondent pour les peuplements jeunes (j), adulte (A) et vieux (v), aux peuplements dont l'âge est respectivement inférieur à 60 ans, entre 60 et 120 ans et supérieur à 120 ans.

7.1.3.2 Prescriptions d'aménagement

En dépit du fait que la cédraie objet de notre étude est de structure irrégulière à jardinée, le choix dans la mise en œuvre de notre démarche stratégique a porté sur une méthode d'aménagement comportant des interventions sylvicoles qui s'apparentent à la futaie régulière. Ceci émane du fait que les prescriptions de cette méthode s'adaptent facilement aux droits d'usage reconnus aux populations locales. Les opérations de régénération étant concentrées dans l'espace pendant une durée déterminée ; les limitations d'accès au parcours sont réduites⁵⁸. L'absence de normes sylvicoles réduit les choix possibles en termes de conduite des peuplements. Or, du point de vue de la gestion, les prescriptions de la futaie régulière restent plus faciles à conduire et permettent de parvenir à une certaine uniformité de la structure des peuplements.

Les différents itinéraires sylvicoles proposés émanent de la « conduite théorique » réservée aux cédraies marocaines. La régénération est assurée par des coupes progressives et l'éducation est assurée au moyen d'éclaircies périodiques. Les coupes d'ensemencement interviennent à tous les niveaux du peuplement : l'étage dominant pour ouvrir le massif, le sous-étage pour relever le couvert et la couverture vivante ou morte pour préparer le lit de semence. Les coupes secondaires seront généralement prescrites en fonction de l'abondance des semis ; elles permettent ainsi d'installer ces derniers ou du moins de les dégager. En définitive, une coupe finale est destinée à réaliser les semenciers restants. Toutefois, M'Hirit (1999) souligne la nécessité de garder une réserve de 15 à 20 semenciers/ha pour, à la fois, palier les risques d'incendies et avoir des sujets de dimensions exceptionnelles. Il reste néanmoins à souligner que l'absence de normes sylvicoles laisse la détermination des fréquences, du moment et des taux de prélèvements des éclaircies à l'initiative du gestionnaire.

Actuellement au Maroc, la conduite sylvicole des cédraies se limite aux coupes de régénération, éclaircies productives et parfois des travaux de régénération assistée ou artificielle. Des passages en coupes sont généralement prévus tous les 20 à 30 ans.

Faute d'itinéraire sylvicole concis pour les forêts marocaines, nous nous sommes basés sur les pratiques actuelles en comparaison avec la littérature pour le choix des interventions qui seront considérées dans notre modèle. Ces interventions sylvicoles comprennent : un premier passage en vue de

⁵⁸ La régénération est impossible sans une scrupuleuse mise en défens (Bihat, 1987).

l'ouverture des peuplements (CA)⁵⁹ réservé pour les peuplements jeunes, deux à trois autres en guise de préparation (CP) réservés pour les peuplements jeunes⁶⁰ à adultes et enfin la régénération des vieux peuplements est assurée par deux coupes progressives R1 et R2. Les semenciers gardés en réserve seront réalisés lors de la dernière coupe (R3). Le tableau 39 regroupe l'ensemble des itinéraires envisageables. Les différentes possibilités d'application de ces itinéraires sont consignées au tableau 1 de l'annexe 2.

La régénération naturelle reste présente par endroit et il semble, selon Khatouri (1987), qu'en absence de pâturage, le seul élément qui détermine une bonne reprise de la régénération naturelle est la bonne fructification des peuplements. Cette dernière se présente généralement de manière satisfaisante une fois tous les 3 à 5 ans. Toutefois, on supposera un recours à la régénération artificielle. Ce choix émane de la nécessité d'avoir des peuplements ayant des densités acceptables mais il sera dans le même temps pourvoyeur d'emplois pour les populations locales.

⁵⁹ L'ouverture des peuplements correspond à des éclaircies non commercialisables.

⁶⁰ Les mentions jeune, adulte et vieux se réfèrent à des peuplements dont l'âge, respectivement, ne dépasse pas 60 ans, entre 60 et 120 ans, ou supérieur à 120 ans.

Tableau 39. Périodes d'exécution des différentes actions prévues par les itinéraires sylvicoles

Actions	Itinéraires																							
	1_1	1_2	2_1	2_2	3_1	3_2	3_3	4_1	4_2	4_3	5_1	5_2	5_3	6_1	6_2	6_3	7_1	7_2	7_3	7_4	8_1	8_2	8_3	8_4
CA	2	3	2	3	2	3	4	3	2	4	3	2	4	3	2	4	2	3	4	4	2	3	4	4
CP0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	5	6	6	5	7	5	6	7	8	5	6	7	8
CP1	5	6	5	6	5	6	7	6	5	7	8	8	8	9	8	10	8	9	10	11	9	10	10	11
CP2	7	8	7	8	8	9	10	9	9	10	11	11	11	12	10	13	13	13	13	13	13	14	13	14
R1	10	10	11	11	12	12	12	13	13	13	14	14	14	15	15	15	16	16	16	16	17	17	17	17
R2	11	11	12	12	13	13	13	14	14	14	15	15	15	16	16	16	17	17	17	17	18	18	18	18
R3	12	12	13	13	14	14	14	15	15	15	16	16	16	17	17	17	18	18	18	18	19	19	19	19
Exp.	144	144	156	156	168	168	168	180	180	180	192	192	192	204	204	204	216	216	216	216	228	228	228	228

Avec : CA : coupe d'amélioration, CP : coupe de préparation, R : coupe progressive et Exp : âge d'exploitabilité associé à l'itinéraire, - : opération non prévue par l'itinéraire, 1_1 : identifiant de l'itinéraire, 2 (3, 4, ... chiffre) : période d'exécution de l'intervention prévue par l'itinéraire (exemple : la case au fond gris comprenant 13 signifie que l'itinéraire 4_1 envisage la première coupe progressive R1 à la 13^{ème} période).

7.1.4 Estimation des productions

7.1.4.1 *Le bois*

Le volume de bois à prélever au cours de chaque période, pour une séquence d'aménagement donnée, sera déterminé en se basant sur les accroissements moyens annuels (AMA) (tableau 40) et en tenant compte des prélèvements envisagés par ladite séquence. Ces accroissements ont été estimés par la dérivée du tarif de cubage établis pour la cédraie d'Ajdir (TTOBA, 2002). Ils ont été retraités de la même manière que pour le volume et les surfaces sur pied.

Tableau 40. Accroissement moyen annuel des peuplements de cèdre en m³/ha/an

Parcs pastoraux	Composition	Etat de végétation prédominant			
		J	A	V	D
Ait Boumezough	Cèdre en mélange	1,68	1,74	1,57	1,07
Ait Boumezough	Cèdre Pur	2,08	1,81	2,28	
Ait Boumzil	Cèdre en mélange	2,02	1,53	1,39	1,18
Ait Boumzil	Cèdre Pur	3,31	2,38	1,29	
Ait Lahcen ou Said	Cèdre en mélange	2,01	1,96	1,63	
Ait Lahcen ou Said	Cèdre Pur	3,12	3,18	2,94	
Ait Ouahi (Ait Amou Aissa)	Cèdre en mélange	0,89	1,40		
Ait Ouahi (Ait Amou Aissa)	Cèdre Pur	0,25	0,76	0,84	

Avec : J : jeunes, A : adulte, V : vieux, D : peuplements caractérisés par la présence de sujets déperissants.

Il serait très difficile d'approcher de manière précise le déterminisme de la production du bois en se basant sur les accroissements moyens annuels. D'une part, le cèdre passe par une première phase caractérisée par une croissance lente et par un faible accroissement et d'autre part, en peuplements irréguliers ou ayant des cycles sylvicoles de longueurs différentes, l'AMA ne peut être de rigueur. Il a toutefois été retenu à cause de la faible densité actuelle des peuplements et parce qu'il reste inférieur à la productivité potentielle calculée par El Kasri (1982) et Hossayni (1983) dans des conditions écologiques similaires soit allant de 2,5 à 4 m³/ha/an pour le premier auteur et de 3 à 5,5 m³/ha/an pour le second auteur.

7.1.4.2 *La production de l'emploi*

L'estimation de l'emploi généré est basée sur les interventions qui seront entreprises par l'alternative d'aménagement en question. Trois catégories d'activités pourvoyeuses d'emploi seront considérées : l'installation, la

conduite des peuplements et les opérations d'exploitation. Chaque activité génère des emplois par rapport à l'unité de surface (ha) ou à l'unité de production (m³ de bois). Les emplois générés seront exprimés en Hommes-jours (HJ).

7.1.4.2.1 Estimation des emplois générés

7.1.4.2.1.1 LA RÉGÉNÉRATION ET LA CONDUITE DES PEUPEMENTS

Les travaux de régénération des peuplements comportent l'installation de la clôture⁶¹ autour des parcelles à régénérer, le tracé et le piquetage, l'ouverture des fossés et la plantation. Cette dernière opération exige une acquisition préalable des plants de deux ans. Quant à la conduite des peuplements, elle comporte les regarnis, l'entretien de la clôture, le gardiennage, l'ouverture des peuplements, les coupes de préparation (éclaircies) et les coupes de régénération.

Le coût de production d'un plant de cèdre varie en fonction de la durée de son séjour en pépinière, et en fonction de la qualité du support utilisé (sachet polyéthylène ou portoir). Son coût de revient est estimé par l'administration entre 0,5 à 2 Dhs⁶² (il oscille pour le sachet entre 0,5 et 0,7 Dhs et entre 1,2 à 2 Dhs pour les portoirs) (Oubrahim, 2005)⁶³. Si on considère un prix moyen de 1,5 Dhs, l'emploi généré par l'acquisition des plants peut s'élever à 31 HJ pour 1500 plants⁶⁴ (plantation et regarnis).

La préparation du sol s'effectue de manière manuelle et intervient après le tracé et le piquetage. Le tracé et le piquetage génèrent des emplois qui s'élèvent à 3,5 HJ/ha (Housni, 1999). Le travail du sol, proprement dit, comprend l'ouverture des fossés de 0,5m*0,5m*0,5m. Un ouvrier peut faire entre 10 à 15 fossés par jour par conséquent, cette opération nécessite entre 75 et 110 HJ/ha.

⁶¹ Les clauses du cahier des charges spéciales des travaux de reboisement au Maroc imposent au titulaire du marché de garantir un taux minimal de réussite. Cependant en absence de toute protection des jeunes plants contre la vaine pâture, la plantation se trouvera vouée à l'échec. C'est ainsi, que la clôture du site et le gardiennage s'imposent.

⁶² Le Dirham est l'unité monétaire officielle du Maroc (1€ = 11 Dhs).

⁶³ Communication personnelle.

⁶⁴ Les plants sont fournis par l'administration et il a été estimé que 80% des charges vont à la rémunération des ouvriers.

Tableau 41. Main d'œuvre nécessaire à l'installation des peuplements

Activité	Main d'œuvre à l'ha régénéré en HJ
Préparation du site et piquetage	78,5 à 113,5
Acquisition des plants	31
Plantation	8
Installation de la clôture	4
Total	121,5 à 156,5

L'estimation de la main d'œuvre nécessaire à l'installation de la clôture est très difficile à approcher de façon rigoureuse. En effet, elle dépend du relief, du type de sol, de la forme géométrique du périmètre et de la contiguïté des différentes parcelles à clôturer. A partir du dépouillement des données des marchés réalisés lors des deux dernières années et en concertation avec les gestionnaires locaux, un chiffre de 4HJ/ha a été retenu (moyenne de calcul pour des superficies supérieures à 50 ha).

Généralement, un gardien peut assurer la surveillance d'une superficie qui, selon la forme du terrain, peut aller de 50 à 200 ha. Habituellement, le titulaire du marché emploie en moyenne une personne pour 100 ha et ce pour une durée moyenne allant de quatre à seize mois, soit 1,12 à 4,48 HJ/ha.

L'entretien de la clôture nécessite 1HJ/ha, il sera envisagé une fois au cours de la période de planification qui suit la période de réalisation de la régénération.

Actuellement, les travaux sylvicoles entrepris dans les cédraies marocaines se limitent à l'exploitation et aux travaux de régénération. Nous avons estimé les emplois générés par de futurs travaux d'ouverture des peuplements à 5 HJ/ha.

Tableau 42. Main d'œuvre nécessaire à la conduite des peuplements

Activité	Unité	Main d'œuvre engagée
Entretien des regarnis	HJ/ha	1
Gardiennage	HJ/ha	1,12 à 4,48
Entretien de la clôture	HJ/ha	1
Ouverture des peuplements	HJ/ha	5
Exploitation	HJ/m ³	1,5

7.1.4.2.1.2 L'EXPLOITATION

La production de l'emploi par unité de surface issue de l'exploitation du bois dépend de la quantité, du type et de la qualité du produit prélevé. Ceci dépend des dimensions des arbres exploités et du type du peuplement.

Un mètre cube de bois de cèdre donne un cinquième à un septième de stère de bois de feu (Hlal, 1988), à ce chiffre il faut ajouter $0,23\text{m}^3$ de bois de feu obtenu lors du façonnage du bois (SIA, 1980 *in* Hlal, 1988). Si on considère un coefficient d'empilage de $1,33\text{ st/m}^3$ ($1\text{ m}^3 = 1,33\text{ st}$), le bois de feu obtenu par mètre cube de bois de cèdre s'élève à :

$$[(1/5 + 1/7)/2 + 0,23 * 1,33] = 0,5 \text{ stères.}$$

Hlal (1988) a rapporté d'après Liyhund que l'exploitation d'un m^3 de bois de cèdre permet de générer $1,17\text{ HJ/m}^3$. Bihat (1987) avait estimé cette production à $1,52\text{ HJ/m}^3$. A travers les investigations sur le terrain et surtout des données des différents travaux d'exploitation entrepris lors des deux dernières années dans les Centres de Développement Forestiers (CDF) de Khénifra et d'Aïn Leuh, nous avons trouvé un chiffre de $1,78\text{HJ/m}^3$. Cette différence peut être attribuée à l'accessibilité des différents sites d'exploitation d'une part, et d'autre part, aux erreurs lors des mesurages des volumes de bois. Pour palier ce problème une moyenne de $1,5\text{ HJ/m}^3$ a été retenue.

Les emplois générés par l'exploitation du chêne vert s'élèvent $1,03\text{ HJ/st}$, soit $0,77\text{ HJ/m}^3$ de bois exploité.

7.1.4.2.2 Les limites

On supposera dans l'implémentation de notre modèle que les emplois générés par les différentes actions sont constants dans le temps. Une telle supposition reste difficile à vérifier avec l'évolution technologique. En effet, l'accroissement des prix de la main d'œuvre pourrait accroître le recours à la mécanisation des travaux forestiers et, par conséquent, réduire considérablement les paramètres estimés ci-dessus.

7.2 FORMULATION DU MODÈLE

7.2.1 Paramètres du modèle

Les paramètres utilisés se rapportent aux alternatives ou séquences d'aménagement retenues. Ces dernières comportent des interventions programmées au cours de l'horizon temporel retenu, soit les différentes périodes de l'horizon de planification.

7.2.1.1 L'horizon de planification, période et âge d'exploitabilité

L'horizon de planification dépend de la durée de renouvellement des peuplements. Selon Clutter (1983) l'horizon de planification doit aller de 1,5 à 2 fois la longueur du cycle sylvicole (CS). Dans notre contexte, un âge d'exploitabilité de 180 ans a été retenu. Cet âge permet d'obtenir des produits de qualités technologiques exigées. On a retenu $1,5 \times CS$, soit un horizon de planification de 270 ans.

La longueur de la période de planification dépend de la précision recherchée ainsi que de la longueur de l'horizon de planification retenu (Hlal, 1988). Pour parvenir à une implémentation facile du modèle, des périodes de 12 ans ont été retenues. Le double de cette durée constituera la durée de mise en défens (laps de temps permettant aux jeunes plants de dépasser la hauteur de 1m30, jugée comme seuil de vulnérabilité au pâturage) ; de plus, une durée de 24 ans constitue la durée d'application d'aménagement.

L'âge d'exploitabilité minimal sera arrêté à 140 ans. Théoriquement, l'âge d'exploitabilité maximal doit correspondre à 180 ans. Cependant, vu l'irrégularité de la structure des peuplements, il serait très difficile de vouloir l'appliquer avec rigueur. En effet, ceci conduira dans les premières périodes à proposer un maximum de peuplements à l'exploitation et en parallèle conduira à une violation de certaines contraintes des modèles (particulièrement la contrainte de mise en défens et de rendement soutenu). C'est ainsi, qu'un dépassement de la durée de renouvellement des peuplements de quatre périodes de planifications sera tolérable⁶⁵.

7.2.1.2 Itinéraires sylvicoles et séquences d'aménagement

Les tableaux de l'annexe 2 présentent les différentes interventions envisagées dans les peuplements de cèdre ainsi que les périodes respectives de leur mise en œuvre. Quant aux quotités et aux normes, on optera pour quatre variantes ou intensités d'intervention qui seront appliquées à chaque itinéraire.

Fautes de normes bien adaptées, nous nous sommes contentés d'une confrontation des diverses pratiques actuelles avec les avis des gestionnaires pour déterminer différentes intensités d'intervention à

⁶⁵ Les effets sur la qualité technologique du bois dépendent des deux âges d'exploitabilités (AE) considérées ; si on compare à un AE de référence de 180 ans on estime qu'il n'y aura pas d'effets perceptibles. L'effet réside beaucoup plus dans le volume du bois à prélever.

considérer. Ainsi, quatre intensités ont été retenues. La première comprend des prélèvements de 15% du volume sur pied lors des coupes préparatoires, 75% lors des deux coupes de régénération R1 et R2 et le reste lors de la coupe finale. La seconde stipule un prélèvement plus fort : 20% lors des coupes préparatoires, 50% lors de la première coupe de régénération et 75% lors de la deuxième coupe de régénération, le reste étant réalisé lors de la coupe définitive. Quant à la troisième et la quatrième, elles stipulent respectivement les mêmes normes que la première et la seconde intensité tout en imposant de garder un volume minimal sur pied de 150 m³/ha.

En fonction de l'état de développement des peuplements, 384 séquences d'aménagement possible ont été identifiées. Si on tient compte des quatre intensités d'intervention, le nombre total de séquences d'aménagement s'élèvera à 1536 (Annexe 2).

7.2.2 Coefficients de la fonction économique et variables de décision

7.2.2.1 Les variables de décision

La formulation du modèle de décision selon les spécifications du modèle I, consiste à trouver l'allocation ou l'affectation des surfaces des unités d'aménagement (identifiées précédemment) aux séquences ou prescriptions d'aménagement. Cette affectation doit garantir l'optimalité d'une fonction objectif (dans notre cas la production du bois ou l'emploi).

Les variables de décision représentent des inconnues à rechercher et elles seront notées X_{ijklm} . Elles reprennent la surface du terroir i , comprenant la composition j , dans laquelle l'état de développement prédominant est k et qui sera aménagée selon la prescription l et selon l'intensité d'intervention m .

7.2.2.2 Les coefficients de la fonction objectif

Les coefficients de la fonction objectif dépendent de l'objectif à maximiser. Lorsqu'il s'agit de maximiser la production du bois, les coefficients techniques sont notés : V_{ijklmp} . Pour l'emploi, ils sont désignés par : E_{ijklmp} . Cette notation correspond soit au volume soit à l'emploi produit au cours de la période p dans le terroir i , comprenant la composition j , dans laquelle l'état de développement prédominant est k et qui est aménagée selon la prescription l et selon l'intensité d'intervention m .

Le volume à couper au cours d'une période de l'horizon de planification est calculé selon l'équation 8, en se basant sur les prélèvements envisagés par les différentes interventions sylvicoles préconisées par une séquence d'aménagement (PRE_{lmp}). Ici, on suppose que l'accroissement des peuplements suit les accroissements moyens annuels disponibles : AMA_{ijk} (tableau 40).

$$V_{ijklmp} = (VP_{ijklm(p-1)} + 12 \times AMA_{ijk}) \times PRE_{lmp} \quad (\text{Equation 8})$$

avec VP : le volume sur pied.

L'emploi E_{ijklmp} généré au cours d'une période est calculé en se basant sur l'emploi généré par les interventions envisagées au cours de la période.

$$E_{ijklmp} = (ES_{lp} + EV_{lp} \times V_{ijklmp}) \quad (\text{Equation 9})$$

Avec ES_{lp} et EV_{lp} représentent, respectivement, l'emploi généré par unité de surface et par unité de volume, par l'alternative l au cours de la période p.

7.2.3 Formulation du modèle

7.2.3.1 Objectif maximisation de la production du bois

La fonction objectif se présente selon la formulation du modèle I de la programmation linéaire (Johnson et Sheurman, 1977 in Davis et al., 2001). Elle est écrite :

$$\sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^4 \sum_{l=1}^{384} \sum_{m=1}^4 (X_{ijklm} \times \sum_{p=1}^{23} V_{ijklmp}) \quad \{ \forall (i,j,k) \in \text{Exist} \text{ et } \forall (l,k) \in \text{Faisab} \} \quad (\text{Eq. 10})$$

Avec Exist comprend les combinaisons existantes au départ (l'état d'âge prédominant k de la composition j dans le terroir i). *Faisab* renseigne sur l'adéquation d'une alternative d'aménagement l à l'état de végétation donné k.

7.2.3.2 Objectif maximisation de l'emploi

Comme pour la fonction objectif maximisation de la production du bois, la fonction objectif maximisation de l'emploi est écrite selon la formulation du modèle I sous la forme suivante:

$$\sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^4 \sum_{m=1}^{384} (X_{ijklm} \times \sum_{p=1}^{23} E_{ijklmp}) \quad \{ \forall (i, j, k) \in Exist \text{ et } \forall (l, k) \in Faisab \} \quad (\text{Eq. 11})$$

Avec Exist et Faisab communs à la fonction objectif maximisation de la production du bois (Eq 10).

7.2.3.3 Les contraintes du modèle

En plus des deux fonctions objectif à maximiser : l'emploi et la production ligneuse (Eq. 10 et 11), le modèle comporte les quatre catégories de contraintes suivantes :

$$\sum_{l=1}^{384} \sum_{m=1}^4 X_{ijklm} \leq S_{ijk} \quad \{ \forall (i, j, k) \in Exist \text{ et } \forall (l, k) \in Faisab \} \quad (\text{Bresee et al., 2004}) \quad (12)$$

$$V(p) \leq (1 + \alpha) \times V(p + 1) \quad (13)$$

$$V(p) \geq (1 - \beta) \times V(p + 1)$$

$$E(p) \leq (1 + \alpha) \times E(p + 1) \quad (14)$$

$$E(p) \geq (1 - \beta) \times E(p + 1)$$

$$\sum_{l=1}^{384} \sum_{m=1}^4 \lambda_{lp} \times X_{ijklm} \leq 0,2 \times \sum_{j,k} S_{ijk} \quad \{ \forall i, p \mid (i, j, k) \in Exist \text{ et } \forall (l, k) \in Faisab \} \quad (15)$$

$$\text{Avec } \{ \lambda_{lp} = 1 \text{ SI } action = (R2, R3) \text{ SINON } 0 \}$$

$$\sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^4 \sum_{l=1}^{384} \sum_{m=1}^4 \sigma_{lp} \times X_{ijklm} \leq \sum_{i,j,k} \frac{S_{ijk}}{11} \quad \{ \forall p \mid (i, j, k) \in Exist \text{ et } (l, k) \in Faisab \} \quad (16)$$

$$\text{Avec } \{ \sigma_{lp} = 1 \text{ SI } action = (R2) \text{ SINON } 0 \}$$

$$X_{ijkl} \geq 0 \quad \forall i, j, k, l \quad (17)$$

Avec :

S_{ijk} : la surface initiale des peuplements ayant l'état d'âge prédominant k dans la composition j et dans le terroir i, $V(p)$: le volume de bois produit à la période p, $E(p)$: emploi généré à la période p, Alpha et bêta : les fluctuations (positives et négatives) de production tolérées (on a choisi $\alpha \approx \beta \approx 5\%$), et λ_{lp} est un paramètre binaire indiquant si une opération de régénération est prévue par l'alternative l durant la période p.

L'équation 12 constitue une contrainte structurelle qui assure l'attribution aux variables de décision d'une unité d'intervention au maximum égale à ce qu'elle contenait à l'origine. Elle impose au modèle de ne pas allouer aux variables de décision plus que ce qui existait au départ.

Les contraintes des équations 13 et 14 portent d'abord sur la non-décroissance du produit (rendement soutenu du bois) et de l'emploi. Ces contraintes sont imposées aux modèles pour réduire les variations périodiques des productions. On a opté pour un seuil de variation tolérable de 5%.

L'équation 15 traduit l'effort de régénération à consentir et constitue la contrainte législative de mise en défens. Les peuplements à régénérer seront exclus de l'exercice du parcours pendant une durée de 24 ans soit deux périodes et ce pour assurer la défensabilité des jeunes plants. Les superficies à mettre en défens au cours de chaque période ne peuvent dépasser le 1/5 de la surface de chaque terroir. Il est à noter qu'on suppose que la régénération sera acquise lors de la deuxième coupe de régénération et que la mise en défens coïncidera avec la période d'exécution des coupes R2 et R3.

L'équation 16 constitue une contrainte de normalité ; elle répond à la préoccupation d'avoir une structure régulière à la fin de l'horizon de planification. On suppose que la régénération est acquise au cours de la période d'exécution de l'intervention R2. Si on considère des classes d'âge de 20 ans, le modèle doit aboutir à une forêt avec 11 classes d'âges à la fin de l'horizon de planification.

L'équation 17 constitue une contrainte de non négativité des variables de décision.

7.3 RESOLUTION DES MODELES QUANTITATIFS

7.3.1 Approche

Pour des raisons de convivialité, de clarté et de lisibilité, les modèles ainsi que les données ont été écrits en langage MathProg (FSF, 2008). Selon la syntaxe de ce langage, le modèle doit comporter deux sections : la première, déclarative, définit le modèle ; la seconde constitue une section de données (*data*). Les données organisées dans une base de données implémentée sous MS Access (© Microsoft) ont été utilisées pour générer les différents coefficients de la fonction objectif. Un exemple de modèle utilisé est présenté à l'annexe 2.

En vue de pouvoir examiner l'impact des différentes contraintes sur l'objectif de l'aménagement, les deux modèles linéaires correspondant chacun à la maximisation d'une fonction objectif, production de bois et production de l'emploi, ont été résolus en appliquant différentes combinaisons de

contraintes. Ces contraintes sont relatives au rendement soutenu de la production ligneuse et/ou de l'emploi ; à la régularité des peuplements (visant à garantir une structure régulière de la forêt à la fin de l'horizon de planification).

La contrainte technique de surface constitue une limitation imputée à la rareté de la ressource terre et limite l'allocation de la surface à ce qui existait au début de l'horizon de planification (superficie des unités d'aménagement disponibles). La contrainte légale de surface à mettre en défens constitue une mesure indispensable au renouvellement des peuplements et s'impose lors de toute opération de régénération. Vu le caractère obligatoire de ces deux contraintes, elles seront imposées à tous les modèles. Les modèles avec ces deux seules contraintes sont désignés par modèles à zéro contrainte. Les résultats des modèles en combinant les différentes contraintes deux à deux dans un premier temps, puis en essayant l'ensemble des contraintes sont présentés dans le tableau 43.

Tableau 43. Résultats des modèles (maximisation de l'objectif de la production ligneuse et de l'emploi) : effets des contraintes sur les solutions optimales

Contraintes**	FO Bois			FO emplois		
	Volume en m³	Réduction/ zéro contrainte*	Emploi en HJ	Emploi en HJ	Volume en M³	Réduction / à zéro contrainte*
Zéro contrainte	9 677 421	0,00%	19 075 269	21 523 484	9 643 386	0%
Normalité	626 603	93,53%	1 121 096	1 128 510	625 849	94,76%
RS**	9 132 629	5,63%	17 772 129	20 173 267	9 001 397	6,27%
N&RS	608 889	93,71%	1 081 825	1 065 277	597 166	95,05%
N&RS (B&E)	588 993	93,91%	1 030 401	1 035 817	583 532	95,19%

(*) Calculée selon l'équation $(1 - Z_f/Z_0)$. Avec Z_f la valeur optimale de la fonction objectif considérée et Z_0 la valeur optimale de la fonction à zéro contraintes ; (**) RS : Rendement soutenu (de l'emploi pour la fonction objectif maximisation de l'emploi et du bois pour la fonction objectif maximisation de la production du bois), N : normalité, RS (B&E) : Rendement soutenu du bois et de l'emploi.

Les productions issues du modèle ayant pour fonction objectif la maximisation de la production ligneuse varient en fonction des contraintes imposées au modèle. En effet, l'application des différentes contraintes engendre une réduction par rapport à la valeur optimale atteinte par la fonction objectif du modèle à zéro contrainte. Cette réduction va de 6% (application de la contrainte de rendement soutenu) à 93% (application de la contrainte de normalité). Il en ressort que la contrainte de normalité reste très limitante ; ceci peut être expliqué par l'irrégularité de la structure actuelle des peuplements et constitue le prix à payer pour acheminer la forêt vers une structure normale.

Les deux fonctions maximisation de l'emploi et maximisation de la production ligneuse varient dans le même sens. Les modèles d'aménagement ayant pour fonction objectif la maximisation de l'emploi généré restent davantage marqués par l'intégration de la contrainte de normalité que par celle du rendement soutenu.

7.3.2 Modèles avec zéro contrainte

7.3.2.1 Objectif de la production de l'emploi

La solution optimale du modèle d'aménagement de maximisation de l'emploi avec zéro contrainte s'élève à 21 523 484 HJ pour un horizon de planification de 270 ans, soit une moyenne annuelle de 79 717 HJ/an. Si on considère une année de 240 jours ouvrables, la mise en œuvre de ce modèle permet d'absorber près de 332 personnes à plein temps. Ce modèle permet en outre d'atteindre 9 643 385 m³ au terme de l'horizon de planification, soit 35 063 m³/an.

7.3.2.2 Objectif de la production du bois

La maximisation de la production du bois avec zéro contrainte permet d'aboutir à une production optimale de l'ordre de 9 677 421 m³ au long de l'horizon de planification, soit une production moyenne annuelle qui s'élève à 35 842 m³ (ce qui présente 2,32m³/ha/an).

En outre, ce modèle permet d'atteindre un chiffre de l'emploi équivalent à 19 075 269 HJ ce qui présente une réduction de 2 448 214 HJ par rapport à la fonction maximisation de la production de l'emploi. Ici se pose la question, faut-il sacrifier 2 448 214 HJ au profit de 34 035 m³ ou l'inverse? La réponse à une telle question ne peut être faite qu'en comparant l'état final des peuplements de ces deux modèles d'aménagement et en tenant compte de la régularité de la production issue des deux modèles.

7.3.2.3 Les productions périodiques

Le tableau 44 présente les productions périodiques obtenues par les modèles d'aménagement à zéro contrainte ainsi que leurs fluctuations au fil du temps.

Tableau 44. Productions périodiques obtenues par les modèles d'aménagement à zéro contrainte

Période	FO** Bois			FO emploi		
	Bois en m³	Bois (%)	Emploi en HJ	Emploi en HJ	Emploi (%)	Bois en m³
1	84 834	0,88	149 823	696 955	3,24	248 939
2	499	0,01	3 765	152 471	0,71	74 112
3	434 462	4,49	734 187	133 636	0,62	87 327
4	590 012	6,10	889 040	1 680 008	7,80	841 375
5	156 508	1,62	336 687	87 710	0,41	38 506
6	1 199 029	12,39	2 020 100	1 673 004	7,77	1 022 589
7	533 518	5,51	1 227 596	1 469 628	6,83	564 905
8	655 135	6,77	1 141 393	705 794	3,28	357 299
9	652 543	6,74	1 628 101	2 856 661	13,27	1 129 934
10	651 706	6,73	1 470 186	1 591 687	7,39	772 719
11	224 452	2,32	441 342	263 657	1,22	107 611
12	32 380	0,33	67 953	51 492	0,24	18 096
13	152	0,00	9 263	152 815	0,71	3 140
14	42 816	0,44	90 126	437 201	2,03	95 709
15	90 060	0,93	149 149	115 443	0,54	48 953
16	101 359	1,05	155 584	266 856	1,24	150 671
17	180 201	1,86	270 301	641 063	2,98	240 332
18	290 204	3,00	435 306	59 124	0,27	27 232
19	1 230 126	12,71	1 845 192	2 181 127	10,13	1 292 259
20	192 651	1,99	288 976	86 149	0,40	57 433
21	44 307	0,46	66 461	136 070	0,63	61 564
22	1 464 689	15,14	4 300 079	4 175 317	19,39	1 486 644
23	825 790	8,53	1 354 658	1 909 624	8,87	916 036
CV%***	97,86	-	83,53	86,05	-	88,49

(*) Les pourcentages sont calculés par rapport à la valeur optimale de la fonction objectif ; (**) FO : c'est la fonction objectif : soit maximisation bois ou de l'emploi ; (***) CV% : coefficient de variation en pourcentage.

Les productions périodiques de bois varient de 152 m³ à 1 464 689 m³ (soit 15,14% de la production totale du modèle) réalisées, respectivement, au cours de la 13^{ème} et de la 22^{ème} période. L'allure de cette évolution est très irrégulière (figure 31) avec des pics lors de la sixième, dix-neuvième et vingt-deuxième période. Il est à noter que près de 50% de la production est réalisée durant les périodes allant de la troisième à la dixième période.

Quant à la production de l'emploi, elle varie de 0,24% de la valeur optimale de la fonction objectif (enregistrée au cours de la douzième période) à 19,39% (réalisée au cours de la 22^{ème} période). 28% de la production d'emploi est constatée au cours de deux périodes (22^{ème} et 23^{ème}) et presque 50% est réalisée durant l'intervalle allant de la quatrième à la dixième période (figure 32).

Le coefficient de variation des productions périodiques atteint le chiffre le plus élevé pour ces modèles et témoigne de leur grande irrégularité.

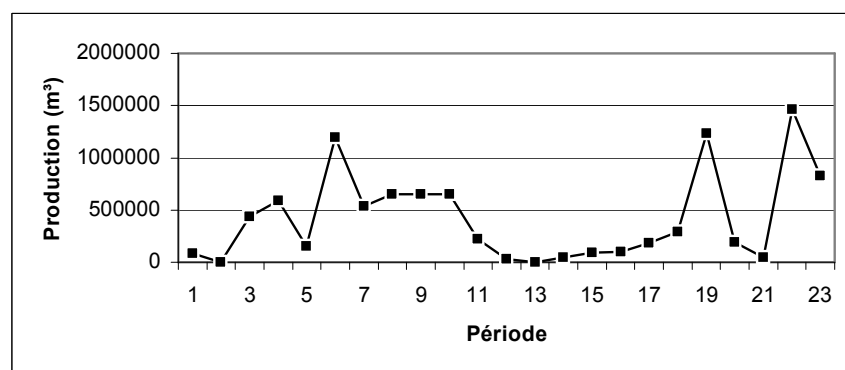


Figure 31. Fluctuations périodiques de la production ligneuse pour le modèle d'aménagement ayant pour fonction objectif la maximisation de la production du bois avec zéro contrainte

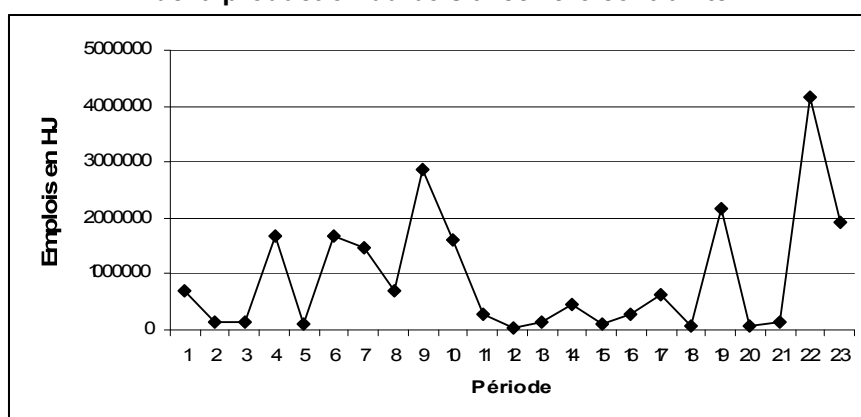


Figure 32. Fluctuations périodiques de la production de l'emploi pour le modèle d'aménagement ayant pour fonction objectif la maximisation de l'emploi avec zéro contrainte

Les modèles d'aménagement à zéro contrainte sont caractérisés par une grande fluctuation des productions périodiques d'emploi et de bois (figure 31 et 32). Ceci peut s'expliquer par la structure actuelle du peuplement et par l'absence de contrainte relative à cette préoccupation imposée explicitement au modèle. Ces fluctuations ne sont souhaitées ni par l'aménagiste qui cherche à avoir un rendement soutenu, ni par les exploitants scieurs à l'aval de la filière, ni par les populations locales qui cherchent à assurer des revenus moins fluctuants. Ceci pourrait concourir à une instabilité sociale (dans la zone) et à une instabilité économique en l'aval de la filière.

7.3.2.4 L'état de la forêt à la fin de l'horizon de planification

Les figures 33 et 34 présentent la structure des peuplements issus des modèles d'aménagement avec zéro contrainte. À la fin de l'horizon de planification, les peuplements obtenus par ces deux modèles sont irréguliers et ils sont caractérisés par l'absence de six classes d'âge et par une prédominance de vieux peuplements.



Figure 33. Répartition des classes d'âge à la fin de l'horizon de planification (HP) pour le modèle d'aménagement ayant pour FO la production de bois avec zéro contrainte

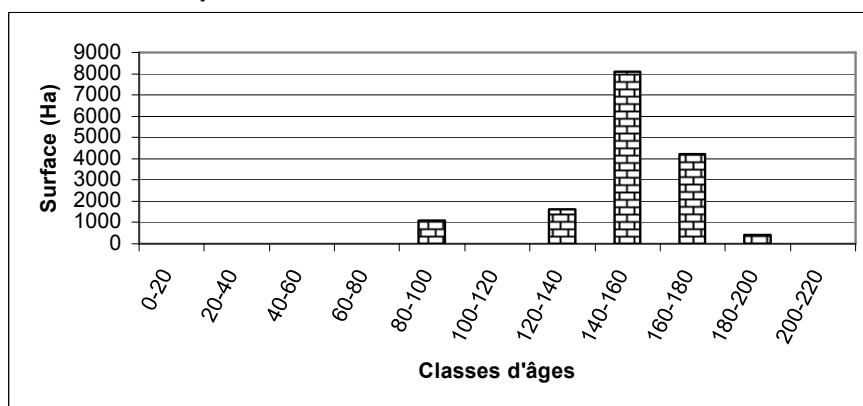


Figure 34. Répartition des classes d'âge à la fin de l'HP pour le modèle d'aménagement ayant pour FO la production de l'emploi avec zéro contrainte

Les modèles d'aménagement à zéro contrainte conduisent à des productions périodiques fluctuantes et à une irrégularité de la structure des peuplements. C'est la raison pour laquelle (contrôle des productions

périodiques et de l'état de la forêt à la fin de l'horizon de planification), deux types de contraintes ont été intégrés au modèle. Pour rappel, le rendement soutenu et la normalité de la forêt.

7.3.3 Modèles avec une seule contrainte

7.3.3.1 Objectif de la production de bois

La résolution du modèle d'aménagement ayant pour fonction objectif la maximisation de la production du bois avec contrainte de rendement soutenu de la production du bois, permet de parvenir à une production qui s'élève à 9 132 629 m³ au long de l'horizon de planification, soit une baisse par rapport à la valeur de la solution optimale issue du modèle à zéro contrainte de l'ordre de 5,63%. La comparaison des résultats de ce modèle avec le modèle à zéro contrainte pose la question suivante : sera-t-on prêt à sacrifier 544 783 m³ au long de l'horizon de planification, soit une moyenne annuelle de l'ordre de 1 974 m³, pour parvenir à un rythme de production soutenu ?

L'intégration de la contrainte de normalité des peuplements conduit à une baisse considérable dans la réalisation des différents objectifs. Ainsi, la production de bois obtenue par ce modèle atteint 626 603 m³, soit une baisse de 93,53% par rapport à la valeur optimale obtenue par le modèle avec zéro contrainte.

7.3.3.2 Objectif de la production de l'emploi

La maximisation de l'emploi avec contrainte de rendement soutenu permet d'atteindre un chiffre qui s'élève à 20 173 267 HJ au long de l'horizon de planification. Ce qui donne une production moyenne annuelle de l'ordre de 73 091HJ, soit l'équivalent de 304 personnes à plein temps. L'intégration de la contrainte de rendement soutenu a un effet plus marqué sur la production de l'emploi que sur la production ligneuse. En effet, la réduction de l'emploi par rapport à la valeur optimale de la fonction à zéro contrainte est de l'ordre de 6,27% (contre 5,63% pour la production ligneuse).

Avec une contrainte de normalité, on obtient une production de l'emploi qui s'élève à 1 128 510 HJ au long de l'horizon de planification, soit une réduction de l'ordre de 94,76% par rapport à la valeur optimale obtenue par le modèle à zéro contrainte. L'effet de l'intégration de cette contrainte sur l'emploi reste plus marqué sur la fonction objectif maximisation de l'emploi que sur la fonction objectif maximisation de la production du bois.

7.3.3.3 Les productions périodiques

Le tableau 45 présente les productions périodiques obtenues par les modèles d'aménagement avec contrainte de normalité et avec contrainte de rendement soutenu.

Tableau 45. Productions périodiques du bois et de l'emploi obtenues par les modèles d'aménagement avec une seule contrainte (normalité ou rendement soutenu)

Fonction Contrainte -> Période	FO emploi				FO bois			
	Normalité		Rendement Soutenu		Normalité		Rendement Soutenu	
	Emploi en HJ	Emploi en %	Emploi en HJ	Emploi en %	Bois en m³	Bois en %	Bois en m³	Bois en %
1	25 504	2,26	957 581	5,36	20 157	3,22	347 631	3,81
2	53 359	4,73	833 298	4,66	13 816	2,20	365 927	4,01
3	90 182	7,99	865 396	4,84	57 169	9,12	385 186	4,22
4	68 381	6,06	881 383	4,93	43 674	6,97	405 460	4,44
5	42 509	3,77	847 456	4,74	16 221	2,59	426 800	4,67
6	59 369	5,26	887 309	4,97	30 737	4,91	445 288	4,88
7	54 186	4,80	838 526	4,69	30 155	4,81	424 084	4,64
8	32 322	2,86	761 487	4,26	5 309	0,85	403 890	4,42
9	57 176	5,07	710 884	3,98	36 037	5,75	384 657	4,21
10	34 380	3,05	678 817	3,80	20 431	3,26	366 340	4,01
11	32 211	2,85	683 543	3,82	19 732	3,15	348 895	3,82
12	27 122	2,40	677 897	3,79	13 336	2,13	332 280	3,64
13	26 428	2,34	580 899	3,25	20 774	3,32	316 458	3,47
14	27 796	2,46	583 675	3,27	16 316	2,60	328 248	3,59
15	41 081	3,64	576 729	3,23	9 179	1,46	345 524	3,78
16	36 352	3,22	679 123	3,80	33 174	5,29	363 710	3,98
17	34 553	3,06	670 551	3,75	24 677	3,94	382 852	4,19
18	57 887	5,13	782 090	4,38	31 522	5,03	403 002	4,41
19	67 583	5,99	796 954	4,46	57 856	9,23	424 213	4,65
20	20 957	1,86	887 767	4,97	7 259	1,16	446 540	4,89
21	31 306	2,77	785 838	4,40	11 461	1,83	470 042	5,15
22	127 386	11,29	963 514	5,39	54 694	8,73	494 781	5,42
23	80 478	7,13	940 214	5,26	52 921	8,45	520 822	5,70
CV%	51,75	-	15,5	-	60,3	-	13,56	-

Les productions périodiques du bois et de l'emploi issues des modèles avec contrainte de normalité fluctuent d'une période à une autre (figure 35 et 36). Toutefois, l'amplitude de ces fluctuations est moins importante que dans les modèles à zéro contrainte. Pour l'objectif de maximisation de la production du bois, la production varie de 5 308 m³ pour la huitième période à 57 855 m³ réalisée au cours de la 19^{ème} période. Au cours de dix périodes, la production périodique a dépassé la valeur moyenne par période. Quant à l'emploi, il reste plus marqué par l'intégration de cette contrainte au modèle décisionnel. Sa courbe présente une évolution en dents de scie plus nuancée que dans le modèle maximisation de la production du bois. Les

valeurs extrêmes sont enregistrées au cours de la vingtième période (constituant un minimum avec 20 956 HJ, soit 1,86 % de la valeur optimale obtenue par ce modèle) et lors de la vingt-deuxième période (constituant un maximum avec 127 386 HJ soit 11,29 % de la valeur optimale enregistrée).

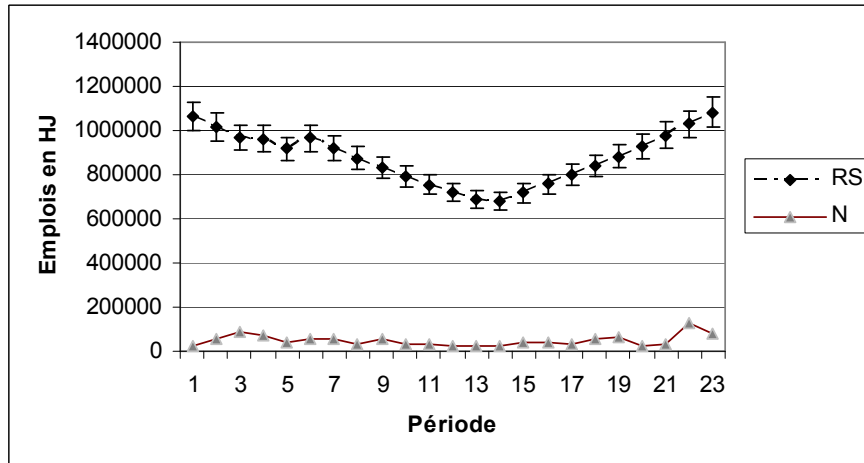


Figure 35. Fluctuations de la production de l'emploi durant l'horizon de planification pour les modèles de maximisation de la production de l'emploi avec contrainte de normalité (N) et contrainte de rendement soutenu (RS)

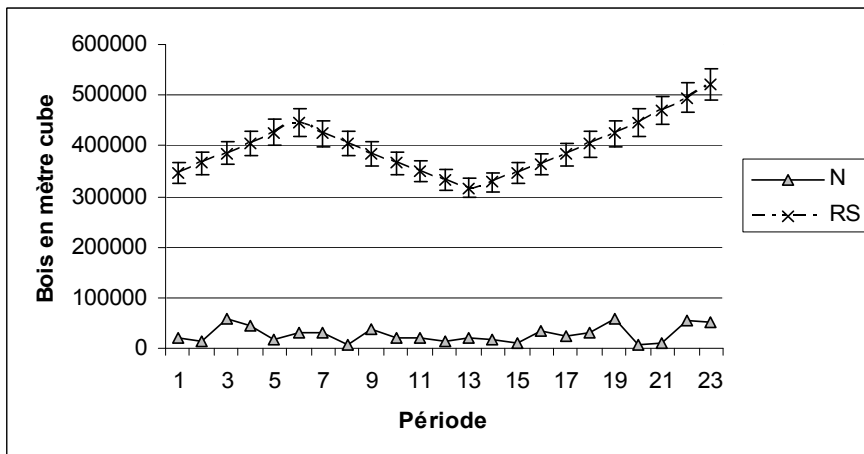


Figure 36. Fluctuations de la production de bois durant l'horizon de planification pour les modèles de maximisation de la production de bois avec contrainte de normalité (N) et contrainte de rendement soutenu (RS)

De par l'intégration de la contrainte de rendement soutenu au modèle, les fluctuations des productions périodiques sont moins accentuées que dans les précédents modèles. La production du bois suit une courbe caractérisée par une allure sinusoïdale avec un minimum enregistré au cours de la 13^{ème} période (soit 3,47% de la valeur de la fonction optimale) et un maximum au cours de la 23^{ème} période (soit 5,7%). Quant à l'emploi, il présente un minimum au cours de la 15^{ème} période et un maximum au cours de la 22^{ème} période. Les fluctuations périodiques ne dépassent pas les seuils fixés, soit 5%.

7.3.3.4 L'état de la forêt à la fin de l'horizon de planification

La figure 37 illustre la répartition des surfaces par classe d'âge pour les modèles d'aménagement avec une seule contrainte. De par le fait d'imposer au modèle la contrainte de normalité, la structure des peuplements est acheminée vers une structure régulière à la fin de l'horizon de planification. Cependant, ces modèles d'aménagement restent caractérisés par des fluctuations dans les productions périodiques (figure 36) ; ce qui reste indésirable.

Les peuplements obtenus par le modèle avec contrainte de rendement soutenu sont caractérisés par une structure dominée par des peuplements jeunes et par l'absence de trois classes d'âge. Une telle structure finale ne saura pas garantir un rendement soutenu. C'est ainsi que la nécessité de stabiliser le rythme des productions périodiques et la régularité de la structure imposent l'application conjointe de ces deux contraintes.

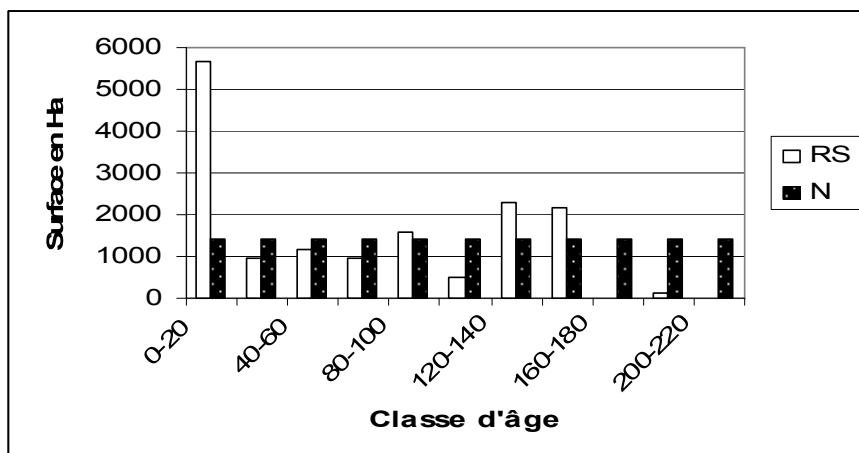


Figure 37. Structure des peuplements à la fin de l'HP pour les modèles d'aménagement ayant pour FO la production de bois et avec une seule contrainte (Normalité : N ou Rendement soutenu : RS)

7.3.4 Modèles avec contraintes combinées

L'application de la contrainte de normalité permet d'aboutir à la fin de l'horizon de planification à une structure régulière des peuplements, cependant elle ne garantit pas de maintenir un rythme de production soutenu. L'application de la contrainte de rendement soutenu, permet par contre de garantir une production soutenue au fil du temps, cependant les peuplements issus de ce modèle présenteront une structure dominée par de jeunes peuplements. Pour palier ces deux difficultés nous essayerons dans ce qui suit d'imposer de manière conjointe ces deux contraintes aux modèles.

7.3.4.1 Objectif maximisation de la production du bois

La maximisation de la production du bois avec contraintes de normalité et de rendement soutenu permet d'aboutir à une production qui s'élève à 608 890 m³. Si on impose au modèle, en plus la contrainte de soutenabilité de l'emploi, on aboutira à une production de l'ordre de 588 993 m³, soit une réduction de 19 897 m³ au terme de l'horizon de planification. Il en ressort ainsi que ces deux contraintes imposées séparément au modèle, ou de manière conjointe, permettent à la fonction objectif d'atteindre, approximativement, la même valeur optimale. Il faut souligner ici, que la mise en application de ces contraintes aboutit à une réduction considérable de la production, soit 93,71% de la valeur optimale du modèle d'aménagement à zéro contrainte. Ceci découle en large mesure de l'application de la contrainte de normalité puisque à elle seule, la réduction de la valeur de la fonction objectif s'élève à plus de 93,53%. En effet, l'irrégularité actuelle des peuplements rend la contrainte de normalité plus limitante que celle du rendement soutenu. Ces dernières appliquées séparément ou de manière conjointe influent approximativement de la même façon sur la valeur optimale (soit une réduction de 0,2% dans le cas de leur application conjointe).

7.3.4.2 Objectif maximisation de la production de l'emploi

Cet objectif atteint approximativement le même optimum qu'on lui impose la contrainte de normalité seule ou combinée au rendement soutenu, soit une production de 1 065 277 HJ au long de l'HP. L'application de ces contraintes permet d'enregistrer une réduction dépassant les 95% par rapport à la valeur de la fonction à zéro contrainte. Ceci s'explique largement par la contrainte de normalité qui, à elle seule, provoque une baisse de 94,8%.

La répercussion de l'application de ces contraintes au modèle est plus importante sur la production de l'emploi que sur la production du bois.

7.3.4.3 La structure des peuplements à la fin de l'horizon de planification

La mise en œuvre de la contrainte de normalité dans le modèle permet d'assurer une structure régulière des peuplements à la fin de l'horizon de planification, soit une équi-répartition des différentes classes d'âge (figure 37).

7.3.4.4 Les productions périodiques

Le tableau 45 présente les productions périodiques issues de la résolution des modèles d'aménagement avec contraintes de normalité et de rendement soutenu.

Tableau 46. Productions périodiques pour les modèles d'aménagement avec contrainte de normalité et de rendement soutenu (N & RS) et pour les modèles avec contrainte de normalité et de rendement soutenu du bois et de l'emploi (N & RS (B & E))

Modèles	FO Bois				FO Emploi			
	N & RS		N & RS (B & E)		N & RS		N & RS (B & E)	
Période	Bois en m³	Bois en %	Bois en m³	Bois en %	Emplois en HJ	Emploi en %	Emploi en HJ	Emplois en %
1	32 516	5,34	30 152	5,12	54 167	5,09	53 165	5,13
2	30 967	5,09	29 224	4,96	52 186	4,90	52 195	5,04
3	29 493	4,84	27 832	4,73	53 622	5,04	51 005	4,92
4	28 088	4,61	26 507	4,50	51 046	4,79	50 770	4,90
5	26 751	4,39	25 245	4,29	48 637	4,57	48 352	4,67
6	25 477	4,18	24 043	4,08	46 321	4,35	47 220	4,56
7	24 264	3,98	23 941	4,06	44 115	4,14	44 972	4,34
8	23 108	3,80	24 480	4,16	41 925	3,94	42 830	4,13
9	22 008	3,61	23 314	3,96	40 014	3,76	40 791	3,94
10	20 960	3,44	22 730	3,86	38 108	3,58	38 848	3,75
11	19 962	3,28	22 203	3,77	36 204	3,40	37 602	3,63
12	20 127	3,31	21 146	3,59	34 565	3,25	39 581	3,82
13	21 187	3,48	22 259	3,78	36 385	3,42	37 696	3,64
14	22 302	3,66	23 430	3,98	38 277	3,59	38 194	3,69
15	23 476	3,86	24 663	4,19	40 315	3,79	40 204	3,88
16	24 711	4,06	25 509	4,33	42 437	3,99	42 320	4,09
17	26 012	4,27	24 294	4,12	44 581	4,19	44 548	4,30
18	27 381	4,50	25 573	4,34	47 022	4,42	42 426	4,10
19	28 822	4,73	26 919	4,57	49 497	4,65	43 764	4,23
20	30 339	4,98	28 336	4,81	52 079	4,89	46 067	4,45
21	31 936	5,24	29 827	5,06	54 844	5,15	48 492	4,68
22	33 617	5,52	28 407	4,82	57 731	5,42	51 044	4,93
23	35 386	5,81	28 958	4,92	60 769	5,71	53 730	5,19
CV %	17,23	-	10,39	-	16,1	-	11,72	-

De par l'intégration de la contrainte de rendement soutenu, les fluctuations des productions varient de façon moins aiguë (figure 38 et 39). Elles suivent

les mêmes allures que ce soit pour la fonction objectif maximisation de la production de bois ou pour la fonction objectif maximisation de l'emploi. Un minimum est enregistré lors de la 11^{ème} période pour l'objectif maximisation de la production ligneuse et au cours de la 12^{ème} période pour la fonction objectif maximisation de l'emploi. Le maximum des deux fonctions est enregistré lors de la 23^{ème} période.

Le fait d'imposer au modèle d'aménagement les contraintes de rendement soutenu de bois et de l'emploi, permet de garantir une production qui soit relativement stable d'une période à une autre. Les fluctuations périodiques ne dépassent pas les limites des seuils de variation qui ont été fixés (5%). Le tableau 46 présente les fluctuations de la production de bois et de l'emploi pour le modèle d'aménagement avec les contraintes de normalité et de rendement soutenu de bois et de l'emploi. L'évolution de la production du bois est présentée à la figure 38, celle de l'emploi à la figure 39.

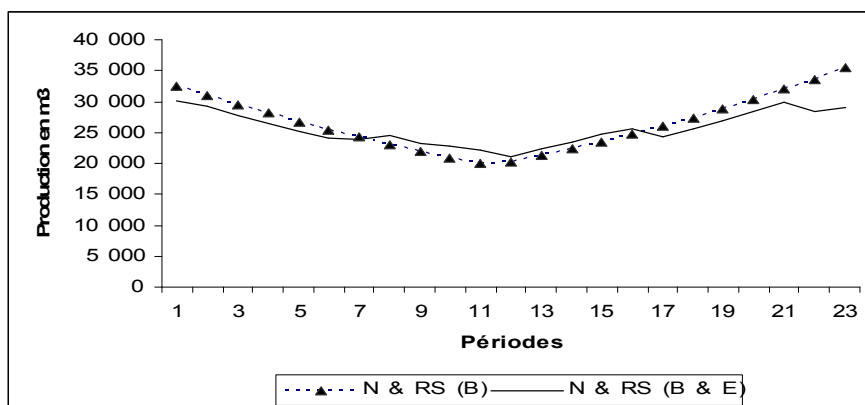


Figure 38. Fluctuations des productions pour les modèles d'aménagement de maximisation de la production du bois avec contrainte de normalité et de rendement soutenu du bois (N & RS(B)) et de celui avec contrainte de normalité et de rendement soutenu du bois et de l'emploi (N & RS(B & E))

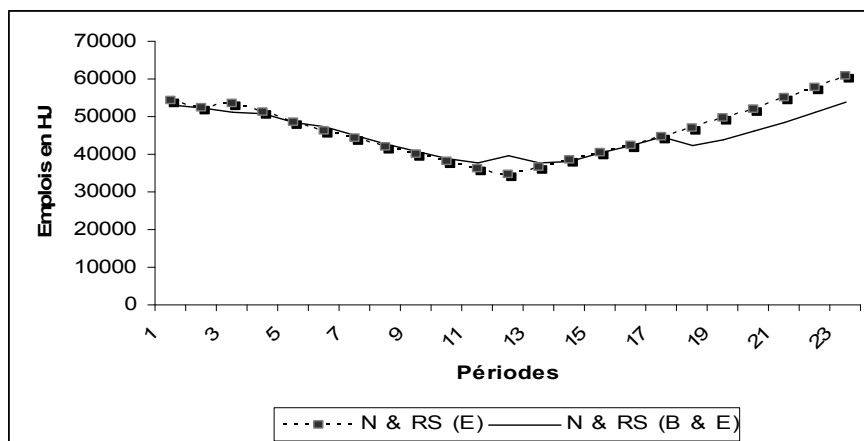


Figure 39. Fluctuations des productions d'emploi pour les modèles d'aménagement de maximisation de la production de l'emploi avec contrainte de normalité et de rendement soutenu de l'emploi (N & RS(E)) et de celui avec contrainte de normalité et de rendement soutenu du bois et de l'emploi (N & RS(B & E))

7.4 DISCUSSIONS ET CONCLUSIONS

L'application de la programmation linéaire à la forêt d'Ajdir a permis d'aboutir à des productions qui peuvent atteindre des valeurs maximales de 9,7 millions de m³ de bois et 21,5 millions d'HJ d'emploi au terme de l'horizon de planification pour des modèles à zéro contrainte (soit une moyenne annuelle de 35 842 m³ et de 79 717 HJ ou encore une moyenne de 2,32 m³/ha/an et de 5 HJ/ha/an). Cependant, les fluctuations des productions périodiques atteignent le niveau le plus élevé pour ces modèles à zéro contrainte, avec un coefficient de variation de 97,9%. En outre, ces modèles ne permettent pas de satisfaire la soutenabilité et la durabilité de la production. Par conséquent, différentes contraintes ont été appliquées aux modèles (normalité, rendement soutenu de l'emploi et de la production ligneuse).

L'intégration des différentes contraintes influe de façon plus perceptible sur la production de l'emploi que sur la production ligneuse. La contrainte de normalité engendre la plus grande baisse des productions (93,5% de la valeur de la fonction objectif production de bois contre 94,8% pour la fonction production de l'emploi). La contrainte de rendement soutenu influe de manière semblable aussi bien sur la production de l'emploi que sur la production ligneuse (5,6% de la valeur de la fonction objectif de production de bois contre 6,2% pour la fonction production de l'emploi) et son impact

sur la valeur optimale de la fonction objectif reste moins marqué que celui exercé par la contrainte de normalité. En effet, l'intégration de cette dernière conduit à une réduction de 93,53% de la fonction objectif bois et de 94,76% de la fonction objectif emploi, ceci constitue le prix à payer pour acheminer la forêt à un état normal. Dans notre contexte et en ce qui concerne les modèles avec contrainte de normalité, la réduction de l'amplitude des écarts par rapport aux fonctions à zéro contrainte pourrait se baser sur l'allongement de la période de régularisation (horizon de planification). D'après Ware (1968), l'application des contraintes impose aux modèles de proposer des programmes d'intervention qui ne sont pas optimaux (en comparaison aux résultats des modèles avec zéro contrainte) ; ceci conduit à des réductions considérables de la valeur de la fonction objectif.

L'application conjointe des contraintes de normalité et de rendement soutenu permet d'aboutir à une réduction de l'ordre de 93,71% pour la fonction objectif bois et de 95,05% pour la fonction objectif emploi. L'application de toutes les contraintes aboutit à la plus grande réduction de la production, soit 93,91% pour la production du bois et 95,19% pour la production de l'emploi. La comparaison entre les résultats des différents modèles révèle que le fait de privilégier la production de l'emploi conduit à une perte en matière de réalisation de bois de l'ordre de 5 461 m³ et un gain en emploi qui s'élève à 5 416 HJ.

À partir de l'analyse des résultats des différents modèles et plus particulièrement les intensités d'intervention, seules la première et la seconde intensité sont retenues dans les solutions du modèle. Ceci peut être expliqué par l'objet des modèles qui, en cherchant la maximisation de la production, optent pour les intensités les plus productrices. Pour y palier, on peut imposer au modèle une contrainte d'une superficie minimale à traiter par chaque intensité.

La résolution des deux fonctions objectif (maximisation de la production du bois et de l'emploi) s'est effectuée de manière indépendante. Cette mise en œuvre pourrait s'avérer pertinente lorsqu'il s'agit d'objectifs compatibles ou séquentiels ce qui est le cas dans notre mise en œuvre. Dans le cas contraire, il y aurait lieu d'avoir recours au goal programming (ce dernier procède en la formulation d'une fonction objectif synthétique visant la réduction des déviations des différentes fonctions objectif par rapport à des valeurs optimales). On n'a pas entrepris cette approche puisque que l'usage de l'objectif emploi varie dans le même sens que l'objectif bois et qu'au vu de la grande variabilité des paramètres de la fonction emploi, les résultats de cette dernière ne pourront être considérés qu'à titre indicatif.

Sur le plan implémentation des résultats de la PL, des difficultés de détermination des unités d'intervention peuvent être relevées. Elles nécessitent le recours à la formulation d'un modèle pour les décisions tactiques basé sur la programmation en entier. Dans ce dernier, les résultats des différents modèles linéaires peuvent constituer des objectifs recherchés.

En définitive, il semble clair de ces premiers résultats que le choix de modèles à zéro contrainte conduit à de meilleures productions. Toutefois, celles-ci sont réalisées aux dépens de la structure finale du peuplement et de la stabilité sociale (soutenabilité de la production de l'emploi). Par conséquent, ses répercussions risquent de devenir désastreuses sur l'avenir de la cédraie d'Ajdir. L'imposition de contraintes réduit fortement la production de bois et de l'emploi. Par conséquent, le souci de concilier préoccupations du gestionnaire forestier avec la nécessité de maintenir et/ou d'améliorer les conditions sociales des populations locales, nécessite la quête d'autres débouchés, de nouvelles productions et le recours à d'autres choix. Dans ce sens et en vue de mieux cerner les dynamiques sociales et de prendre en compte d'autres aspects de la multifonctionnalité des espaces forestiers, des scénarios stratégiques seront construits et traduits en alternatives ; tel sera l'objet des chapitres suivants.

8. DEFINITION DES SCENARIOS

Toute proposition d'intervention doit permettre de prendre en considération les dynamiques sociales en présence. L'analyse du contexte de la zone d'étude peut faire valoir des tendances lourdes à prendre en considération lors de l'identification des différentes actions d'aménagement. C'est dans cette perspective et à cause des caractéristiques de la société rurale marocaine, que nous avons envisagé le développement de scénarios prospectifs. Ceci permet d'éclairer les choix de l'aménagiste. Ces choix doivent être à même d'inverser les tendances tout en tenant en compte des réalités locales.

Dans ce chapitre, on présentera les variables structurelles. On détaillera ensuite les scénarios retenus en présentant pour chacun : les grands traits, les acteurs, les facteurs avec leurs tendances et contraintes, ainsi que la trajectoire du scénario avec les conditions d'apparition et les éléments qui peuvent l'infléchir. Enfin, on procédera à l'analyse comparée des scénarios.

8.1 ANALYSE DES VARIABLES CLES RETENUES POUR LA DEFINITION DES SCENARIOS PROSPECTIFS

A l'issue des choix portant sur le cadre prospectif et au vu des réalités locales de la forêt d'Ajdir (chapitres 5 et 6), trois variables structurelles (systèmes de production et modes d'utilisation de l'espace, rapports entre acteurs et pratiques structurantes) pourront être retenues. Le choix des variables structurelles émane du fait que les rapports entre acteurs conditionnent la réussite des options d'aménagement envisageables. Ils traduisent la volonté et la politique de l'administration pour résoudre des problèmes fortement enracinés. De même que les pratiques structurantes conditionnent l'évolution des systèmes d'utilisation de l'espace. Ces derniers ont une conséquence directe sur le devenir des écosystèmes forestiers au Maroc.

8.1.1 Systèmes d'exploitation et mode d'utilisation de l'espace

Rappelons que le système d'exploitation prépondérant dans la zone d'étude est de type agrosylvopastoral avec prédominance de l'élevage dans toutes

les fractions usagères de la forêt d'Ajdir, excepté le douar d'Amahroq où l'agriculture occupe une place assez importante. Les évolutions possibles de ce système d'utilisation de l'espace peuvent s'inscrire dans l'un des trois axes suivants : une ouverture sur le monde urbain avoisinant, un maintien des mêmes activités avec des changements portant sur leurs importances dans le système d'utilisation de l'espace en question ou un changement des pratiques actuelles. Toutefois, cette dernière mise en œuvre ne pourra être imaginée qu'à l'issue d'un processus de changement progressif s'inscrivant dans le long terme. Ce changement restera tributaire des innovations et des pratiques structurantes ainsi que des moyens déployés.

Toujours est-il qu'un certain nombre de questions restent posées, à savoir la vitesse et les moteurs du changement, les attentes des populations locales et leur acceptation d'une telle évolution, et enfin l'impact des dynamiques sociales sur les ressources naturelles.

8.1.2 Rapports administration /population locale

L'ambivalence de la domanialité de l'espace forestier au Maroc caractérisée par des maîtrises foncières non clairement explicitées, a conduit à des conflits d'usage. Ces derniers sont amplifiés par les intérêts contradictoires des différents acteurs qui cherchent, selon une logique propre à chacun, à tirer profit des ressources collectives. La résolution des conflits implique de mieux cerner cette réalité et d'intégrer les populations locales dans le processus de gestion relatif aux ressources naturelles (Buttoud, 2001). D'un modèle d'état hégémonique et à travers les leçons tirées des expériences antérieures, les tendances vont vers la promotion de la participation active des acteurs locaux dans le développement local.

Les évolutions possibles des rapports peuvent se faire dans plusieurs sens. Le premier correspond à une plus grande intégration des acteurs locaux soit à titre individuel, soit faisant partie d'une instance communautaire et/ou organisationnelle. Le second, poursuit un rythme caractérisé par l'hégémonie de l'administration. A ces évolutions on peut ajouter les deux suivantes : le cas de la gestion communautaire des ressources par les populations locales et le cas de rapports non clairs qui varient en fonction des circonstances. Cette dernière tendance restera davantage influencée par les calendriers politiques et par le degré d'organisation de la population locale.

8.1.3 Pratiques structurantes et composantes du système d'exploitation

On sous-entendra que les pratiques structurantes portent davantage sur les innovations techniques ou sur les spéculations à mettre en œuvre dans chacune des composantes prédominantes des systèmes d'utilisation de l'espace ; alors que ces derniers s'insèrent dans un niveau supérieur.

Les innovations peuvent porter sur une filière ou une spéculation inconnue, comme elles peuvent concerner l'intensification et/ou la gestion appropriée d'une composante bien déterminée du système d'exploitation de l'espace.

8.1.3.1 *Pastoralisme*

Rappelons que le pastoralisme constitue une activité profondément ancrée dans les traditions des populations locales. Il s'agit du pilier incontesté de l'économie locale autour duquel s'est organisé un mode de vie bien adapté. La mobilité du cheptel, les ressources fragmentaires et la variabilité des droits ont constitué la stratégie des acteurs locaux pour gérer les risques et les imprévus (Hatfield et al., 2006 ; Nori, 2006 ; Nori et al., 2008). Il reste adapté aux conditions du milieu. Toutefois, conduit de manière anarchique, il pourrait aboutir à une stérilisation progressive des terrains par tassement et à une banalisation de la flore (suite au broutage sélectif des espèces) et à la disparition des espèces palatables.

La place de l'activité pastorale dans le système d'utilisation de l'espace et sa dynamique future dépendront des conditions climatiques, des ressources financières de la population locale et de l'importance des autres composantes des systèmes d'utilisation de l'espace.

Les actions visant à relancer ou à améliorer la durabilité de cette activité peuvent porter sur l'un des axes suivants : les ressources, les cheptels, les pratiques, les filières ainsi que des actions à portée institutionnelle et/ou organisationnelle.

Actions sur les ressources pastorales

- Assurer une meilleure productivité et qualité fourragère (par des interventions au niveau de la strate arborée et herbacée).
- Installer des prairies intensives et favoriser les apports fourragers pour réduire la pression sur la forêt.

Actions sur les troupeaux

- Races sélectionnées plus productives et plus adaptées aux conditions du milieu.
- Effectifs adaptés aux capacités de production du milieu ne dépassant pas la charge d'équilibre.

Actions sur les pratiques

- Alimentation et rationnement bien étudiés avec complémentation en cas de besoin.
- Recours à la stabulation.
- Suivi vétérinaire.
- Bonne gestion de la prolificité des cheptels par une réduction de la période de l'anoestrus saisonnier et par le recours à l'insémination artificielle (races adaptées).
- Réduction de la part du cheptel appropriée par les citadins.
- Respect des potentialités du milieu à travers d'un plan pastoral avec mise en défens respectée par les usagers.
- Bascule de la gestion quantitative axée sur l'effectif des troupeaux à une gestion qualitative appréciée par les bénéfices réalisés.

Actions d'appui et d'ordre organisationnel

- Basculer de la situation du libre accès à celle de ressources communautaires gérées par des instances communautaires.
- Instituer des formes organisationnelles bien adaptées.
- Instaurer des actions d'appui dans le cadre des instances communautaires : compensation des mises en défens, assistance pour le rationnement et subsistance de la complémentation à l'alimentation du bétail lors de la stabulation, suivi vétérinaire ...etc.
- Créer des coopératives pour défendre les intérêts des adhérents et pour une meilleure valorisation des productions locales.

Actions sur la filière

- Valoriser d'autres productions, une transformation ou un conditionnement des produits locaux (fromagerie par exemple).
- Labelliser les produits locaux en tant que produits de terroirs.
- Faciliter l'écoulement de la production dans la région.
- Assurer un bon approvisionnement en denrées de base.

L'évolution de cette composante dépendra de la place des autres composantes dans le système d'utilisation de l'espace, des ressources financières mises en œuvre et des innovations adoptées.

8.1.3.2 Ecotourisme

L'écotourisme regroupe des formes de tourisme « axées sur la nature et dans lesquelles la principale motivation est d'observer et d'apprécier la nature, (...) les cultures traditionnelles et comportant une partie d'éducation et d'interprétation ; elles sont généralement organisées par des groupes restreints, ont des retombées limitées sur l'environnement naturel et visent à favoriser la protection des zones naturelles » (OMT, 2002). Plusieurs autres définitions peuvent être soulignées. Elles pourront être classées selon leur orientation principale (Lequin, 2001) et, ce, qu'on se place dans la vision demande, ressource ou communauté usagère. Du point de vue de la demande, c'est un voyage dans des zones naturelles et/ou protégées visant la satisfaction d'un besoin cognitif et affectif (Aboulkhair, 2005). De point de vue des ressources, c'est une activité ayant un faible impact sur les ressources ; les bénéfices qu'elle génère la rendent économiquement viable mais cette conception reste controversée. La vision communauté usagère, le sous-entend comme un moyen de générer des revenus aux populations locales et d'améliorer leur bien être économique⁶⁶ et social (Aboulkhair, 2005). La définition proposée par la TIES (2007) insiste sur l'importance de l'écotourisme comme moyen de protection de l'environnement et souligne que sa finalité doit être de nature à susciter auprès des acteurs locaux et étrangers une réflexion sur l'importance et la primauté de la conservation des aspects naturels et culturels.

En dépit des potentialités de la zone, l'écotourisme reste peu développé. L'essor des activités récréatives pourrait avoir un effet de levier sur les infrastructures de base et d'accueil dans la région. On pourrait assister à une multiplication des gîtes, des hôtels et de la petite restauration avec leurs répercussions économiques et sociales (revenus pour la commune et emplois pour la population locale). Toutefois, la vitesse de cette dynamique dépendra des capitaux externes injectés dans la zone ; un appui de l'Etat s'impose.

L'argent produit par l'espace naturel doit y être réinvesti pour les fins de protection et de conservation. La population étant une composante primordiale, elle doit être la première bénéficiaire de ces retombées. Ces dernières peuvent être appréciées par les emplois générés. En effet, l'intensification de l'activité (instauration d'une aire protégée ou d'un parc par exemple) s'accompagnerait de besoins en termes de guides, gardes,

⁶⁶ Cette conception est présentée comme la meilleure façon d'internaliser les externalités de l'environnement.

chercheurs. D'autres emplois indirects pourront également être créés par les activités qui s'y développeraient : construction d'infrastructures de base, services, commerces, ...etc. Le principal handicap qui risque de se poser est le degré d'implication des populations locales. En effet, ces dernières risqueraient d'avoir une attitude réticente ou réservée vis-à-vis de l'ouverture de leur territoire à des étrangers ; une telle situation pourrait être facilement surmontée en mettant l'accent sur les « bons exemples » dans la région (sources d'Oum Rebbi par exemple). Ainsi s'imposerait une indispensable assistance à leur participation et à leur réorientation professionnelle.

Si les définitions de l'écotourisme intègrent aussi bien la protection de la nature et la reconnaissance du rôle joué par les communautés locales, l'intégration de ces dernières au processus de gestion des territoires s'avère comme une obligation émanant des principes élémentaires de l'équité. Ainsi, l'objectif visé pourra être *« la sauvegarde du patrimoine culturel, en s'appuyant sur l'organisation coutumière consolidée et ce pour mieux gérer les ressources »* (Bourbouze, 1997). La mise en œuvre de cette activité doit éviter en tout état de cause la banalisation et la détérioration des sites et, éventuellement, les effets néfastes sur le comportement et les traditions des populations locales.

Dans un pays où il reste beaucoup à faire en matière de civisme et d'éducation environnementale, la première priorité est d'accompagner la mise en œuvre de cette activité ; un plan consistant en la matière s'impose. Les principales composantes de ce plan portent sur des informations préparatoires, des affiches et des informations positivistes invitant les visiteurs à réfléchir et à avoir un comportement minimisant les effets négatifs sur l'environnement.

8.1.3.3 Agriculture

L'agriculture reste marginale dans la zone d'étude. Ceci émane des conditions topographiques. Elle joue néanmoins un rôle important dans la satisfaction des besoins des usagers en céréales. Pour le bétail, elle apporte un complément alimentaire pendant les périodes de soudure.

A plus grande échelle, l'agriculture pourrait contribuer à la création de revenus supplémentaires. Cette mise en œuvre est importante. Dans la zone, l'arboriculture fruitière commence à se développer car c'est une activité qui fournit une plus grande valeur ajoutée par unité de surface. Elle pourrait contribuer à un profond changement des assolements. Ce changement concernera principalement les parcelles irriguées et pourrait engendrer une mutation dans les structures foncières. Son dynamisme

restera marqué par les conditions climatiques et d'éventuels apports financiers extérieurs.

Sur le plan social, l'arboriculture pourrait constituer un facteur moteur pour le changement des modes d'exploitation et d'utilisation de l'espace. Toutefois, elle doit être bien encadrée.

Sur le plan environnemental, l'agriculture, et particulièrement l'arboriculture, pourraient absorber le surplus de la pression qui pèse sur la forêt et contribuer à combler le manque en terme d'alimentation du cheptel et aussi de bois de feu. Toutefois, son intensification reste largement handicapée par les conditions topographiques et par les moyens financiers des riverains. Elle risquera d'être seulement profitable à une catégorie bien définie d'usagers.

Plusieurs actions peuvent être envisagées. Il s'agit d'interventions portant sur les pratiques et les spéculations, sur les filières ainsi que d'autres d'ordre institutionnel.

- Actions sur les pratiques
 - o Semences et plants sélectionnés.
 - o Conduite phyto-technique appropriée.
 - o Meilleure mobilisation et valorisation des eaux d'irrigation.
 - o Nouvelles cultures s'adaptant aux conditions du milieu et ayant une plus grande valeur ajoutée par unité de surface, en l'occurrence, l'arboriculture fruitière.
- Actions sur les filières
 - o Bonne connaissance des filières en vue d'une bonne valorisation.
 - o Conditionnement de la production.
- Actions d'appui et d'ordre organisationnel
 - o Appui technique à travers la vulgarisation et le transfert des savoirs.
 - o Appui à la mise en place de coopératives et d'autres formes d'organisation.
 - o Assistance aux formes d'organisation : entrepôts collectifs, aménagement de petite et moyenne hydraulique, ...etc.

8.1.3.4 Forêt

Rappelons que la forêt est incontestablement la première source de revenus des populations locales. Une gestion forestière bien réfléchie doit viser le maintien des capacités de production de l'écosystème, tout en veillant au maintien des différents biens et services produits par la forêt dans le sens

d'une « soutenabilité » (emploi, production ligneuse, unités fourragères, ...etc.).

L'évolution de la pratique forestière dépendra des acteurs concernés : Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la désertification (HCEFLCD) en tant que gestionnaire, la population locale en tant qu'ayants droit et la commune rurale en tant que bénéficiaire des recettes. La pression sur les ressources forestières devrait rester intimement liée aux conditions socio-économiques des populations locales. Ainsi, la création de nouvelles sources de revenus et l'intensification de certaines pratiques permettront d'alléger la pression sur les ressources forestières.

La multifonctionnalité de la forêt laisse envisager un large éventail d'interventions qui pourront être choisies selon l'usage prédominant. Si on se limite aux interventions purement forestières, on peut évoquer celles portant sur le maintien des ressources, l'amélioration ou la valorisation des peuplements existants et celles qui portent sur la réinstallation des peuplements qui existaient auparavant. Ainsi, ces interventions peuvent s'inscrire dans deux cadres : sylvicoles ou non sylvicoles (travaux). Elles visent l'atteinte d'objectifs arrêtés par l'aménagement (accessibilité, aménagement récréatif, ...etc.). Ces interventions pourraient être programmées de commun accord avec la population locale et/ou avoir une portée sociale. Cette mise en œuvre dépend de l'évolution des rapports entre les acteurs locaux de même que la pression des populations locales dépendra fortement des pratiques structurantes.

8.1.4 Identification des scénarios

L'identification des scénarios peut se baser sur les tendances extrêmes des variables structurelles. Les principaux traits de cette évolution peuvent être résumés comme suit. Les pratiques structurantes peuvent maintenir leur rythme actuel, subir une logique d'intensification en adoptant des techniques appropriées (irrigation, intrants et spéculations à forte valeur ajoutée), ou éventuellement intégrer des innovations ou des adaptations (exode rural, écotourisme). Les systèmes d'utilisation de l'espace peuvent se maintenir (système agrosylvopastoral à prédominance de l'élevage) ou s'orienter vers une intensification de la composante agricole, ou éventuellement vers l'intensification d'autres activités génératrices de revenus. Les rapports entre acteurs constituent la projection des modèles de gouvernance locale. Ils peuvent se traduire par un monopole de l'état (contexte caractérisé par une gestion centralisée des ressources), des rapports à *la carte* (non clairs) variant en fonction des circonstances, une ouverture sur les acteurs locaux en leur conférant ou non des pouvoirs ; à l'autre extrême figure la gestion communautaire des ressources par les populations locales.

Les scénarios possibles issus des combinaisons des variables de décision sont au nombre de 36 (tableau 47). Cet éventail comprend des cas impossibles (lignes 2, 4 et 7 et colonne D) ainsi que des cas irréalistes à cours ou à moyen terme (colonne A).

Tableau 47. Scénarios possibles

Pratiques Structurantes	Utilisation de l'espace	Rapports entre acteurs			
		Gestion Communautaire	Ouverture	Rapports circonstanciés	Centralisation
Maintien	Maintien	A1	B1	C1	D1
	Intensification	A2	B2	C2	D2
	Innovation	A3	B3	C3	D3
Intensification agricole	Maintien	A4	B4	C4	D4
	Intensification	A5	B5	C5	D5
	Innovation	A6	B6	C6	D6
Innovation	Maintien	A7	B7	C7	D7
	Intensification	A8	B8	C8	D8
	Innovation	A9	B9	C9	D9

A travers des discussions réalisées avec le comité d'encadrement et avec les gestionnaires à différents niveaux de l'administration, il a semblé judicieux de se contenter de trois scénarios avec un scénario de rupture. Ces scénarios de type exploratoire sont : continuité, protection, parc naturel et un scénario de rupture : développement intégré (figure 40). Ils correspondent à la combinaison de situations extrêmes des variables structurelles (tableau 48). Cette mise en œuvre axée sur un nombre restreint de scénarios, a été adoptée pour éviter de noyer l'objet de la réflexion dans des détails sans apport considérable pour la continuité du travail. Rappelons que l'objet des scénarios n'est pas d'aboutir à des projections ou à des images d'un futur certain, mais d'enrichir le débat de façon à faire émerger des décisions susceptibles d'améliorer le devenir de la cédraie d'Ajdir.

Tableau 48. Scénarios et variables structurelles

Rapports	Pratiques structurantes		
	Maintien (continuité)	Logique d'intensification	Autres Innovations
Gestion communautaire	Non réaliste sur le moyen terme		
Ouverture sur les acteurs locaux		Développement intégré	Parc
Rapports circonstanciés	Continuité	Développement intégré	
Centralisation	Protection		Protection

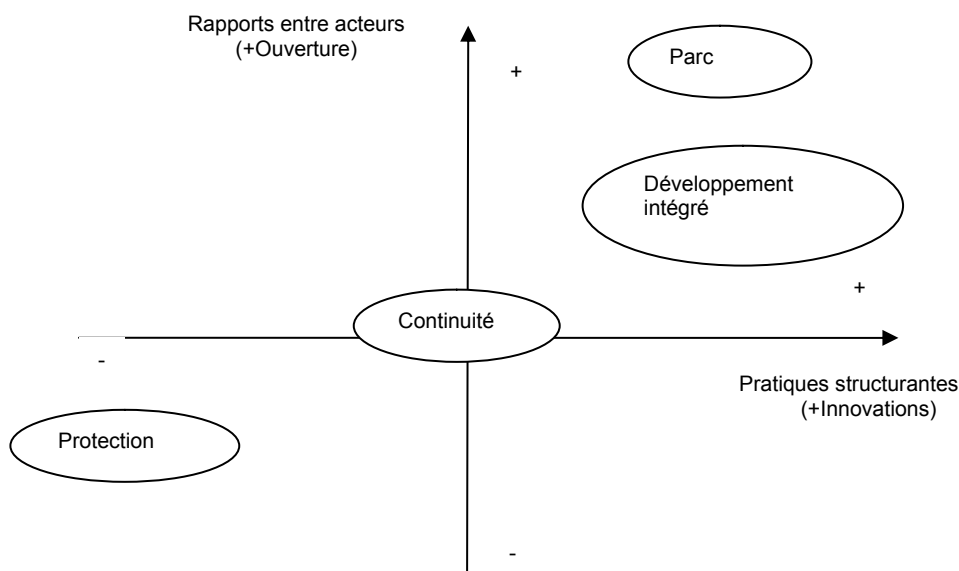


Figure 40. Place des quatre scénarios par rapport aux variables structurelles

8.2 SCENARIO CONTINUE

8.2.1 Grands traits

Ce scénario s'insère dans la continuité des processus actuels d'utilisation de l'espace. Il s'agirait de maintenir les mêmes activités. Il pourrait être caractérisé par l'absence d'une vision stratégique claire et s'appuyer sur une gestion de 'type ponctuel' caractérisée par le tâtonnement. Les rapports entre l'administration et les acteurs locaux suivront leur cours habituel circonstancié qui s'inséreront dans une vision d'administration classique autoritaire et qui pourraient dévier provisoirement à la suite d'un contexte socio-politique particulier. Les modes d'exploitation de l'espace resteront marqués par une agriculture vivrière associée à un élevage de type extensif très prépondérant. Quant aux pratiques structurantes, elles resteront dans un état embryonnaire et suivront un lent processus d'évolution dont la vitesse pourrait s'accroître suite à l'introduction d'intrants, de ressources financières supplémentaires ou d'appuis externes.

8.2.2 Acteurs moteurs

Ce scénario constitue la trajectoire habituelle et la suite la plus logique des pratiques actuelles. Il restera bien défendu par l'administration des eaux et forêts qui évite de s'inscrire dans un processus de changement.

8.2.3 Facteurs

8.2.3.1 Tendances

Ce scénario restera caractérisé par une forte pression sur les ressources naturelles : forêt et parcours. Les rapports entre l'administration et les populations locales évolueront à petits pas et dépendront principalement du contexte socio-politique qui règne. Ils pourront avoir deux facettes, la première, s'inscrit dans le cadre des rapports traditionnels et, la seconde, prend la forme d'ouverture mise en avant à l'issue de circonstances particulières. L'arboriculture fruitière prendra progressivement une plus grande place dans les assolements ; son extension se fera en parallèle aux aménagements hydrauliques et nécessitera des financements importants ; les répercussions de sa mise en place pourraient être observées aussi bien sur l'assiette foncière que sur l'importance des autres activités. L'élevage gardera la même importance. La foresterie dépendra du contexte politique. L'appui de l'Etat concernera principalement l'amélioration des infrastructures sociales. Il semblerait que les modes d'exploitation de l'espace ne subiront pas de grands changements.

8.2.3.2 Contraintes

L'évolution selon ce scénario pourra être entravée par plusieurs contraintes qui portent sur la paupérisation des populations locales, prélèvements versus possibilités et les conflits d'usage qui pourront surgir, la dégradation des ressources naturelles et l'affaiblissement des revenus des communes rurales. Les cris d'alarme de la société civile suite à la perception de la dégradation des ressources naturelles et aux conditions difficiles des riverains ainsi que la faiblesse des moyens de l'administration forestière se manifesteront de plus en plus.

8.2.3.3 Conséquences

Ce scénario pourrait avoir plusieurs impacts. On assisterait à un accroissement de la pression sur les ressources naturelles (dégradation, par voie de conséquence, de la cédraie et pillage des ressources) accompagnée du développement d'attitudes individualistes. Des conflits bien marqués

entre forestiers et populations locales pourraient surgir. Sur le plan économique, on assisterait à une paupérisation progressive des riverains et à une diminution des recettes communales. Sur le plan environnemental, on pourrait s'inscrire dans le cadre d'un processus de dégradation des ressources pastorales et forestières caractérisé par la difficulté d'installation de la régénération et par le vieillissement des peuplements ainsi qu'à des problèmes de mobilisation des ressources hydriques.

8.2.4 Trajectoire du scénario

8.2.4.1 *Conditions d'apparition*

Ce scénario s'insère dans la continuité du processus actuel de gestion, aucune condition particulière n'est requise.

8.2.4.2 *Ce qui peut l'infléchir*

Les éléments qui peuvent infléchir ce scénario s'articulent autour des : i) changements dans la mise en œuvre de la politique de l'Administration Forestière, ii) des innovations institutionnelles portant sur la création de nouvelles sources de revenus et visant un aménagement ou une réorganisation des pratiques, ou un appui au changement des modes d'utilisation de l'espace, iii) l'organisation de la population locale (cadres organisationnels à même d'imposer ses points de vues) iv) ainsi qu'une légalisation de certaines pratiques illégales et/ou tolérables dans un cadre responsabilisant les acteurs locaux et caractérisé par des règles strictes dont la non-observation serait passible de poursuites à caractère coercitif.

8.2.5 Implications spatiales

Ce scénario ne sous-entend aucune modification de l'organisation spatiale actuelle. Il gardera le même cadre envisagé par l'aménagement en cours.

8.3 SCENARIO PROTECTION

8.3.1 Grands traits

La mise en œuvre de ce scénario pourrait sous-entendre la répression. Il émane de l'urgente nécessité de corriger de manière drastique les errements du passé et les résultats des processus de gestion antérieurs. La solution étant conçue dans la rigueur et dans l'application stricto sensu des textes actuels. Ce scénario se base sur la vision d'une administration

fortement ancrée et autoritaire. La population locale est considérée comme une contrainte. Les actions envisagées par les forestiers sont conçues et/ou commanditées par eux dans un cadre excluant les autres acteurs.

Le système d'exploitation restera indépendant de la mise en exécution du présent scénario. On pourra réfléchir à ce qu'il s'inscrive dans le cadre de la continuité du système actuel. Les pratiques structurantes doivent évoluer de façon à générer un surplus de revenu et à barrer progressivement la voie à la délinquance. Ainsi, l'enjeu de ce scénario serait de réduire la pression sur les ressources forestières et pastorales.

8.3.2 Acteurs moteurs

La réussite de ce scénario est tributaire de l'implication de trois catégories d'acteurs : l'Administration Forestière en tant que maître d'œuvre, le département de la Justice en tant que dépositaire et assurant le traitement des procès verbaux dressés par les forestiers et la force publique pour l'application des jugements prononcés. A ces acteurs peut être associée la société civile.

8.3.3 Facteurs

8.3.3.1 *Tendances*

La mise en œuvre de ce scénario pourrait conduire à une évolution progressive des systèmes actuels. Ainsi, on pourrait assister à un accroissement de l'importance de la composante agricole et particulièrement des cultures irriguées constituant une nouvelle stratégie d'adaptation.

Ce scénario sous-entend des rapports régis par un cadre légal ferme et coercitif. Une telle mise en œuvre exigera une Administration fortement autoritaire disposant de moyens, pouvoir et cadre légal adéquats. Il demeurera très difficile d'asseoir cette conception dans la zone. En effet, la pauvreté constitue un trait saillant et l'enjeu de taille s'avère le développement socio-économique des populations locales. Comme conséquence directe de cette approche on pourrait s'attendre soit, à un échec, soit à une évolution des mentalités. Ceci exigera des mesures draconiennes et volontaristes de la part de l'Administration visant à rétablir la confiance des riverains et envisageant la subsidiarité au titre des avantages perdus.

Ce scénario est indépendant de la mise en œuvre des pratiques structurantes. Cependant, l'évolution la plus vraisemblable tendrait vers la

prépondérance de la composante agricole. Certaines innovations qui y sont attachées pourraient voir le jour et porteront sur les spéculations, avec plus de place à l'arboriculture fruitière. Les populations les plus pauvres tendront à vendre certaines de leurs parcelles. La vitesse de cette dynamique dépendra des conditions climatiques. La réglementation des effectifs des troupeaux devrait conduire à l'intensification progressive de l'élevage et à un changement progressif de la taille des cheptels.

Ce scénario, s'il est bien implémenté, pourrait aboutir à une meilleure protection des ressources naturelles, à un changement progressif des modes d'exploitation de l'espace. Mais on assistera aussi à un éventuel accroissement des conflits et à la différenciation de deux catégories de paysans : ceux ayant les moyens et qui pourront faire face aux nouvelles évolutions et ceux qui se verront dans l'obligation de vendre certaines de leurs parcelles, ou éventuellement une partie des troupeaux.

8.3.3.2 Contraintes

La mise en œuvre de ce scénario pourrait être entravée par des contraintes inhérentes aux conditions socio-économiques, au cadre régissant la pratique forestière, au contexte politique ainsi qu'aux conflits susceptibles de surgir.

La précarité des populations locales, l'absence des possibilités d'emploi et la faiblesse des filières engendrent une continuelle dépendance envers les ressources naturelles.

Le cadre régissant la pratique forestière revêt une première importance dans l'implémentation de ce scénario. En effet, l'Administration actuelle ne dispose pas d'effectifs suffisants de techniciens pour assurer un encadrement en bonnes et dues formes. Sur le plan légal, les textes doivent évoluer pour combler les lacunes, de même qu'un partenariat avec le département de la Justice et de l'Intérieur est indispensable. En effet, le nombre des procès verbaux en instance de jugement ne plaide pas en faveur de leur caractère dissuasif.

Cette conception pourrait aboutir à l'accroissement des conflits entre les acteurs locaux et l'Administration forestière. Les conflits pourraient s'amplifier à la suite de l'acharnement des élus ou des prétendants aux élections qui craindront la réduction des recettes communales issues des exploitations forestières. Ainsi, la résorption des conflits, émanant des besoins de « survie versus maintien des ressources », pourrait déterminer la continuité de ce scénario.

8.3.4 Conséquences

L'évolution de ce scénario pourrait avoir plusieurs impacts. Sur le plan des ressources naturelles, on assistera à leur maintien et à un contrôle rigoureux des prélèvements entrepris par les riverains. Sur le plan social, ce scénario pourrait avoir deux conséquences distinctes. S'il y a un accompagnement de la part de l'Administration, des changements progressifs des mentalités et une attitude plutôt conservatrice vis-à-vis des ressources pourraient être attendus. Le cas échéant, il pourrait se traduire par un accroissement des tensions et par une perte de la crédibilité de l'Administration Forestière. Sur le plan économique, ce scénario, envisagé sans mesures d'accompagnement, pourrait conduire à une paupérisation des acteurs locaux et à l'individualisation d'une nouvelle catégorie de riverains (grands éleveurs) qui profiteront de la nouvelle situation. La dégradation des conditions de vie des riverains pourrait engendrer un accroissement de l'exode rural (constituant une stratégie d'adaptation).

8.3.5 Trajectoire du scénario

8.3.5.1 *Conditions d'apparition*

L'apparition de ce scénario pourrait émaner d'une forte volonté de l'Administration de contrecarrer la situation de dégradation actuelle. Elle supposera un accroissement des moyens financiers et humains alloués à l'Administration, une révision ou mise à niveau des textes avec l'établissement d'une étroite collaboration avec les autres acteurs concernés, en l'occurrence le ministère de la Justice, le ministère de l'Intérieur et la société civile (à travers un grand effort de communication).

8.3.5.2 *Ce qui peut l'infléchir*

La mise en œuvre de ce scénario pourrait dérapier suite au manque de moyens de l'Administration, à la vétusté des textes en vigueur, au faible accompagnement des partenaires : force publique, ministère de la Justice et hommes politiques.

8.3.6 Implications spatiales

Ce scénario sous-entend une certaine spécialisation spatiale. La mise en défens doit s'étaler sur la superficie prévue par les textes, soit le 1/5 de la surface de la forêt. Elle doit être scrupuleusement observée. Un contrôle rigoureux de la charge pastorale s'impose dans les zones ouvertes au parcours.

8.4 SCENARIO DEVELOPPEMENT INTEGRE

8.4.1 Grands traits

Les études stratégiques au Maroc ont souligné les grandes disparités en termes de développement entre les zones urbaines et rurales, et entre zones de plaines et de montagnes. Le développement des plaines est perçu comme étant effectué aux dépens des zones de montagne. Les mesures d'aménagement qui ont été réalisées dans ces derniers espaces restent généralement très sectorielles et purement technique (Boujrourf, 1996). Le contexte géographique de la zone d'étude est caractérisé par la rigueur climatique, le relief fort escarpé et la faible accessibilité, de même que la pauvreté rurale constitue une composante structurelle.

D'une conception purement technique visant la résolution du problème de dégradation des ressources, ce scénario s'insère dans son appréhension en tant que conséquence directe de la pauvreté du monde rural. Ainsi, la stratégie de conservation doit viser à asseoir un développement socio-économique soutenu prenant en compte toutes les composantes de l'espace et intégrant les partenaires concernés. Ce scénario pourrait constituer le fruit d'une politique volontariste visant à promouvoir les composantes ayant une plus grande plus value.

8.4.2 Acteurs moteurs

La mise en œuvre de ce scénario sous-entend une forte implication de l'Administration locale au sens large. Egalement, la population locale doit être considérée non pas en tant que contrainte mais comme partenaire de premier plan. La société civile pourrait également contribuer à sa réussite.

8.4.3 Facteurs

8.4.3.1 *Tendances*

Concernant les systèmes d'exploitation de l'espace, des changements progressifs seraient à l'ordre du jour. Ces changements donneront une place plus importante aux activités ayant une plus grande plus value. La composante agricole sera dominée par l'arboriculture fruitière et par l'intensification de l'élevage. D'autres activités génératrices de revenus pourront être envisagées. On assistera entre autres à une intensification de l'écotourisme.

Les rapports entre administration et populations locales pourraient être caractérisés par une relecture des rôles que devraient assumer les acteurs locaux dans la gestion des ressources naturelles. Ils doivent être clarifiés et précisés. Les instances locales pourraient constituer à la fois un partenaire et un interlocuteur de premier rang. Une telle mise en œuvre est de nature à instaurer de nouveaux rapports entre les acteurs.

8.4.3.2 Contraintes

Les contraintes à ce scénario pourraient revêtir plusieurs traits. Sa mise en œuvre nécessitera un appui financier et un accompagnement technique de la part de l'Administration (pour la mise en place d'infrastructures de base et pour l'assistance au changement des rapports actuels en vue de susciter un regain de confiance de la part des populations locales). Il faut noter aussi la résistance au changement de la part des agents de l'administration. La multiplicité des partenaires et des champs d'interventions est aussi une contrainte. Enfin, ajoutons la méfiance de la population locale vis-à-vis des agents de l'administration.

8.4.4 Conséquences

Sur le plan des ressources, on assisterait au changement progressif des attitudes conduisant au maintien et à la conservation des ressources naturelles et, à terme, à leur développement. Sur le plan socio-économique, cette évolution devra favoriser l'instauration de nouveaux rapports entre Administration et populations locales, développer une conscience collective des acteurs quant au devenir des ressources et asseoir les éléments de base pour leur bien être social.

Sur le plan économique, la mise en place d'infrastructures de base pourrait favoriser un essor économique de la zone, créer de nouvelles opportunités d'emploi et améliorer les conditions de vie des riverains. Certaines conséquences pourraient être évitées. Il s'agit de ne pas défigurer le paysage, changer de vocation, accroître les disparités ou initier un développement urbain incontrôlé.

8.4.5 Trajectoire du scénario

8.4.5.1 Conditions d'apparition

La mise en œuvre de ce scénario sous-entend une forte volonté politique accompagnée d'un changement de mentalités des agents de l'administration. Ceci devra être de nature à intégrer et donner davantage de

place aux partenaires locaux dans l'identification et la mise en œuvre des décisions portant sur l'aménagement de l'espace. Ce scénario nécessitera, en outre, d'injecter d'importants moyens financiers.

8.4.5.2 Ce qui peut l'infléchir

La mise en œuvre de ce scénario pourra être confrontée au manque de confiance entre partenaires, à une communication insuffisante entre eux et aux conflits susceptibles de surgir.

8.4.5.3 Implications spatiales

Ce scénario sous-entend une certaine spécialisation spatiale en favorisant la multifonctionnalité des espaces : usage optimal de l'espace selon des objectifs différents prédéfinis et acceptés.

8.5 SCENARIO PARC NATIONAL

8.5.1 Grands traits

Le scénario parc national, loin de vouloir aboutir à un sanctuaire protégé exempt de toute trace de présence humaine, doit viser la préservation des écosystèmes en prenant en considération les aspirations des populations locales qui y vivent. Dans le contexte de la zone d'étude où la population rurale a un niveau de vie très bas, la protection stricto sensu serait socialement inacceptable et aboutirait à des hostilités « *que le remède à terme serait pire que le mal* » (Bourbouze, 1997). C'est ainsi, que la stratégie d'aménagement doit viser le développement local dans son sens le plus large.

Dans le cadre de son diagnostic du contexte du parc du Haut Atlas Oriental, Bourbouze (1997) souligne que la mise en place d'un parc doit viser trois objectifs intimement liés entre eux : la *sauvegarde* du patrimoine culturel, en s'appuyant sur *l'organisation coutumière* consolidée et ce pour mieux *gérer* les *ressources*. Cette mise en œuvre passe inévitablement par une intégration des populations locales, la mise en place d'un nouveau cadre d'exercice des droits d'usages gérés conformément aux unités socio-spatiales et enfin une valorisation des aspects socioculturels.

8.5.2 Acteurs moteurs

Le projet de création du parc émane de directives royales. Les autres acteurs qui peuvent à la fois contribuer à la mise en place de ce scénario et déterminer sa continuité comprennent les autorités locales et régionales, la société civile, l'administration forestière et bien entendu la population locale.

La commune rurale, en vertu des textes en vigueur, constitue l'entité administrative qui perçoit les recettes forestières. Son adhésion à la mise en œuvre de ce scénario pourrait être cruciale. Les autorités locales et régionales doivent assister les communes dans cette mise en œuvre.

La mise en place de ce scénario pourrait susciter une grande adhésion de la part de la société civile locale, pourvu qu'il soit accompagné de mesures d'accompagnement concrètes. Egalement, il s'imposerait de prendre en considération les autres partenaires exploitant la forêt et d'adapter les textes législatifs de façon à faire valoir la place des acteurs locaux et de leurs institutions dans la gestion des ressources communautaires.

8.5.3 Facteurs

8.5.3.1 Tendances

Les systèmes d'utilisation de l'espace seront maintenus. D'autres espaces avec de nouvelles vocations s'individualiseront. Une nette prépondérance de nouvelles composantes sera fortement perceptible et particulièrement l'écotourisme. Des innovations affecteront les pratiques structurantes et viseront l'accroissement des revenus des populations locales (leur dynamique sera affectée par l'effet levier engendré par les recettes de l'écotourisme).

La réappropriation des ressources pourrait aboutir au passage d'une situation d'accès libre à celle de gestion communautaire des ressources. Ceci nécessitera une relecture des rôles que devront assumer les institutions traditionnelles dans la gestion des ressources naturelles. Ces rôles devraient être clarifiés et précisés. Les instances locales devront constituer à la fois un partenaire et un interlocuteur de premier rang. La révision des maîtrises pourrait contribuer à asseoir une gestion patrimoniale des ressources et à instaurer de nouveaux rapports entre les acteurs.

Les rapports entre les acteurs seront affectés par l'attitude de l'administration. La population locale pourrait facilement se constituer partie prenante à ce processus. Toutefois, un grand effort de communication doit

accompagner cette mise en œuvre. Des conflits pourraient surgir suite à une éventuelle réduction des droits d'usage dont bénéficient les populations locales ; il s'imposera de prendre des mesures adéquates. La commune rurale pourrait constituer à la longue un frein à cette évolution ; pour y palier, il s'imposera de lui assurer des revenus alternatifs.

8.5.3.2 Contraintes

Les contraintes qui peuvent entraver la mise en œuvre de ce scénario peuvent porter sur plusieurs composantes. Citons en premier lieu, la faiblesse des revenus des communes rurales et les implications des réductions des recettes des exploitations forestières engendrées. En second lieu, il faut mentionner la faiblesse des moyens de l'administration pour pouvoir intégrer aussi bien des composantes non purement forestières dans le projet.

Si la conception du projet dévie vers celle d'un sanctuaire protégé, des conflits sont susceptibles de survenir à la fois entre Administration et population locale et entre Administration et commune rurale. La méfiance de la population locale vis-à-vis des forestiers n'est pas à négliger.

Le développement des autres activités nécessitera beaucoup de ressources financières et une implication de plusieurs catégories d'acteurs pour palier la faiblesse des moyens des populations rurales.

8.5.4 Conséquences

Concernant les ressources, on assisterait vraisemblablement à la mise en place progressive d'un cadre favorable pour une meilleure conservation et développement des ressources naturelles.

Sur le plan socio-économique, la mise en place du parc pourrait avoir un effet de levier sur les ressources financières des populations locales. Cette mise en œuvre aurait des implications sur l'assiette foncière et sur les pratiques structurantes avec une plus grande intégration des innovations et une intensification de certaines composantes du système d'utilisation de l'espace.

Les ressources des communes rurales pourraient subir d'importantes réductions. Le scénario nécessitera la mobilisation de beaucoup de ressources financières et humaines par l'administration.

Si un plan de communication consistant accompagne ce scénario, on pourrait s'attendre à une adhésion de la population locale et à une résorption des tensions qui prévalaient.

8.5.5 Trajectoire du scénario

8.5.5.1 Conditions d'apparition

Ce scénario pourrait émaner du souci de préserver les ressources en se basant sur un nouveau modèle qui commence à montrer ses fruits dans le Moyen Atlas. L'implémentation de ce scénario sous-entend une forte volonté de l'administration, l'adhésion des partenaires autour du projet avec un continuel effort en matière de communication et de sensibilisation de tous les intervenants. Egalement, la définition d'un cadre juridique et légal approprié revêt une place centrale.

8.5.5.2 Ce qui peut l'infléchir

La mise en œuvre de ce scénario pourrait être entravée par la faiblesse des ressources des communes rurales, par le manque de volonté de l'administration et de ses partenaires (résistance au changement) ainsi que par les conflits susceptibles de surgir.

8.5.6 Implications spatiales

On assistera à une spécialisation spatiale caractérisée par la différenciation de trois zones. La première dédiée à la protection intégrale caractérisée par de fortes restrictions, une zone de transition avec un libre accès et une zone tampon avec accès contrôlé. La différenciation spatiale doit se baser sur la pertinence et la fragilité des sites ainsi que sur l'affluence ou la pression constatée ou attendue.

8.6 ANALYSE DES SCENARIOS

La définition des alternatives d'aménagement associées à chaque scénario est entreprise après l'analyse conjointe et comparée des différents scénarios. Cette mise en œuvre permet de tirer profit de cette analyse tout en tenant compte des différentes options stratégiques les plus vraisemblables.

Dans ce qui suit, on présentera une lecture des tendances générales pour le futur, puis une grille d'analyse des différents scénarios. Cette dernière les

abordera en fonction des variables structurelles. Ainsi, on s'intéressera à l'organisation traditionnelle, aux logiques d'acteurs, et au concours des alternatives à la réalisation des objectifs stratégiques dans un cadre d'un aménagement multifonctionnel de forêts ainsi qu'à leur plausibilité et leur pertinence.

8.6.1 Quelles tendances possibles pour l'avenir ?

Les investigations réalisées dans la région démontrent une nette orientation vers la réduction des activités extensives au profit d'une intensification et plus particulièrement à l'adoption de l'arboriculture fruitière.

L'agriculture avec ses deux composantes *bours* (pluviale) et irriguées seront affectées de même que la structure foncière. L'adoption des arbres fruitiers et des cultures maraîchères prendra plus de place et ce même dans certains espaces *bours*. Ce changement d'assolement ne sera pas à la portée de tous les agriculteurs et pourra engendrer de grands bouleversements. Les agriculteurs seront amenés à spéculer sur le foncier et vendre une partie ou la totalité de leurs terres. Cette tendance sera régulée par le rendement des cultures traditionnelles et de l'élevage extensif. Ces derniers pourront jouer le rôle d'une « *fée bienfaisante ou d'une mauvaise fée, selon les cas* » pour la survie des pauvres (Maselli, 1996).

L'ampleur de cette dynamique sera certainement plus grande dans les périmètres d'Azerzou et d'Amahroq, elle sera d'autant plus accrue avec l'installation des équipements hydrauliques envisagés dans le cadre du projet DRI-Petite et Moyenne Hydraulique (PMH). L'eau peut être mobilisable à partir de forages, de puits, des sources ou de captages superficiels.

Les répercussions de cette dynamique sur les populations locales peuvent être de deux types. L'accentuation des disparités entre l'arboriculture (agriculture intensive) et le *bour* (cultures vivrières). Cette situation et en absence de solutions illégales (coupes de bois vif) contribuera à la redynamisation de l'exode rural et à l'abandon de terrains reculés et inaccessibles.

En ce qui concerne les ressources forestières, on pourrait assister à long terme à une réduction de la pression sur les ressources. Cette tendance émane de la prise de conscience généralisée relative à l'importance de l'environnement, de la dynamique démographique locale et d'un effort considérable d'amélioration des conditions de vie des populations locales. Certes la célérité de ce processus dépendra des moyens financiers des

populations locales et on pourra aspirer à une importante réduction de la vaine pâture⁶⁷.

Sur le plan hydrologique, les changements et les besoins aussi bien en termes d'intensification des cultures, de développement de nouvelles infrastructures que de développement humain vont demander une mobilisation considérable de cette ressource. La zone recèle énormément de potentialités (lacs, sources, oued et nappe phréatique) qui pourront facilement subvenir aux besoins locaux, pourvus qu'elles soient mobilisées et acheminées. Ceci posera la question sur la disponibilité des ressources hydriques pour assouvir les besoins des populations à l'aval ainsi que sur la solidarité amont-aval à mettre en place au titre des ressources stockées et/ou mobilisées par l'amont.

L'infrastructure générale au niveau de la zone va sans aucun doute évoluer. Ainsi, le désenclavement permettra de desservir les villages inaccessibles. De même qu'un nombre assez important d'infrastructures sociales verra le jour (écoles, dispensaires ...). L'électrification et la couverture téléphonique de la zone seront assurées.

Toutefois, il semble peu probable que d'autres activités génératrices de revenus s'insérant dans un autre cadre prennent une envolée spéciale sans aucune intervention extérieure. En effet, le développement du secteur tertiaire nécessite des moyens conséquents et une infrastructure appropriée (Maselli, 1996). De même que le degré de développement de l'écotourisme dépendra grandement de la contribution et de l'apport extérieur. Il ne pourra pas être supporté par les populations locales seules. En effet, dans leurs analyses des conditions de développement du tourisme de montagne dans trois massifs (Haut Atlas, Everest et le Mont-Blanc), les auteurs soulignent l'importance de la présence d'une place ou d'une ville polarisante contribuant à la promotion et/ou au développement de cette activité et de l'importance de l'intervention de l'Etat dans la mise sur rails de l'activité (Boujrouf et al., 1998).

⁶⁷ A cet égard, on pourra évoquer l'impact du développement de l'écotourisme dans les montagnes avoisinant la ville de Marrakech qui s'est traduit par une considérable réduction de la pression sur les ressources pastorales.

8.6.2 Modes d'occupation des sols et composantes des systèmes d'exploitation de l'espace

Au niveau des fractions de la zone, trois dynamiques différentes peuvent être décrites. Celle du douar d'Amahroq avec la primauté de la composante agricole. Pour les Ait Boumzils, la disponibilité des capitaux s'est traduite par l'accroissement des effectifs des troupeaux. Quant aux Ait Boumezough, la faiblesse du niveau de vie et la pauvreté les ont conduits à une dépendance envers les ressources naturelles. Cette dépendance se traduit par des actions de délinquance. Ces activités sont exécutées parfois dans le cadre de bandes organisées.

La dynamique des systèmes d'exploitation est marquée par deux éléments. Le premier inhérent au groupe social et le second aux moyens et capitaux mobilisés. Ainsi une question se pose et porte sur l'éventualité que cette différenciation régionale pourrait constituer un enjeu pour la forêt d'Ajdir du moins au niveau du terroir d'Amahroq. En effet, ce dernier pourrait constituer le moteur d'un changement qui porte sur l'initiation d'un noyau d'urbanisation avec un cadre de vie meilleur. Cette évolution serait induite par les profondes mutations au voisinage du site et amplifiera leur vitesse à l'intérieur du site.

Chacune des composantes du système d'exploitation peut être présentée et analysée sous différents angles : technique, économique et social. Cette analyse peut également être projetée à une échelle donnée : de douar, de terroir, de fraction ou à une échelle plus grande de forêts et de tribus. Sur le plan temporel, elles portent davantage sur les moyens et long termes.

Le premier scénario s'insère dans la continuité de l'évolution actuelle. Il restera marqué par un système agrosylvopastoral extensif dont la dynamique restera tributaire du contexte socio-politique et de l'intégration des ressources et innovations.

Le second scénario conçoit la solution dans une application rigoureuse des textes. Il pourra être appréhendé, dans un certain sens, comme scénario de rupture. S'il est bien implémenté, les riverains seront « obligés » d'intensifier les pratiques ; ce qui nécessitera des moyens financiers conséquents faute de quoi la viabilité des systèmes actuels sera compromise. On aura également des répercussions désastreuses sur les troupeaux, les ressources naturelles et sur les riverains eux-mêmes. Ce scénario pourrait aboutir à l'accroissement de l'exode rural.

Le troisième scénario, intitulé développement intégré, sous-entend asseoir les bases de la viabilité des systèmes actuels et asseoir les bases d'un

développement socio-économique. Il sera caractérisé par une intensification des activités génératrices de revenus. En l'occurrence l'éco-tourisme, l'élevage intensif et l'agriculture à plus forte plus value dominée par l'arboriculture fruitière.

Le quatrième scénario se veut un moyen de concilier contraintes et potentialités aux usages actuels. Il s'inscrit dans un cadre plaçant le parc naturel comme stratégie du développement local. Ainsi l'intensification de l'écotourisme prendra une place plus prépondérante.

En définitive, cette analyse pourra être présentée schématiquement sous forme de tableaux en mettant en exergue le degré d'intensification des différentes composantes et ce pour chaque scénario (tableaux 49, 50, 51 et 52).

Tableau 49. Analyse des scénarios en termes d'homogénéité et d'intensification de la composante agricole

	Intensification	Extensification
Homogénéité		Continuité
Diversité	Développement intégré	Protection et parc

Tableau 50. Analyse des scénarios en termes d'intensification de la composante pastorale

	Intensification	Extensification
Scénario	Développement intégré et parc	continuité et protection

Tableau 51. Analyse des scénarios en termes d'intensification pour la composante forestière

	Intensification	Extensification
Scénario	Développement intégré	Continuité, protection et parc

Tableau 52. Analyse des scénarios en termes d'homogénéité et d'intensification des activités génératrices de revenus

	Intensification	Extensification
Homogénéité		continuité et protection
Diversité	Développement intégré et parc	

Le développement et où l'intensification des différentes activités restera en étroite interaction avec le contexte géographique. En effet, la présence de zones humides ou sites remarquables favorisera davantage les douars les plus proches dans l'intensification des actions visant à promouvoir l'écotourisme. De même, la mise en œuvre d'une aire centrale de protection intégrale dans le cas du scénario parc naturel aura des répercussions négatives sur les troupeaux des douars limitrophes. Ce degré d'interaction est à prendre en considération lors de l'établissement des alternatives relatives à chacun des scénarios.

Concernant les maîtrises foncières, les différents scénarios partent de la supposition relative à la domanialité de l'espace forestier. Toutefois, seuls les deux derniers scénarios présentent une innovation relative à l'éventualité d'aborder une relecture des maîtrises foncières. Cette mise en œuvre pourrait avoir l'avantage de garantir une plus grande adhésion des acteurs locaux et de rétablir les rapports de confiance qui doivent prévaloir.

Sur le plan des innovations, le scénario III (développement intégré) envisage de les intensifier. Dans ce sens, il est suivi du dernier scénario. Ces deux scénarios ne sont pas encore étayés en alternatives d'aménagement, mais ils s'avèrent les plus innovateurs et les plus susceptibles de générer des revenus supplémentaires au profit des populations locales.

Les dynamiques sociales, le changement des modes d'exploitation de l'espace ne seront-ils pas un enjeu majeur dans le développement local ? Si on considère l'exemple du Haut Atlas à proximité de la région de Marrakech, le développement socio-économique des populations locales suite à la forte expansion du secteur du tourisme dans la ville de Marrakech a conduit à un accroissement des activités artisanales, à un exode rural massif et par conséquent à une forte réduction de la pression sur les ressources naturelles (plus particulièrement la pression pastorale).

La question sous-jacente, au vu les indicateurs démographiques, est-ce qu'on n'assistera pas à la même tendance ? La réponse réside dans le fait qu'on ne peut pas y aspirer à court ou à moyen terme étant donné l'histoire récente des villes avoisinantes comparativement à celle de Marrakech pour constituer une place « *polarisante* ». Dans les villes avoisinantes l'appartenance tribale et les signes d'attachement au terroir d'origine sont toujours bien présents (Bourqia, 1990).

8.6.3 Organisation et logiques d'acteurs

L'implication des acteurs déterminera la réussite d'un scénario donné et leurs actions pourraient la favoriser ou, éventuellement, compromettre sa mise en œuvre. Les actions qu'ils mettraient en œuvre peuvent s'inscrire dans un cadre individuel avec une logique propre ou celui d'une institution régulée par des règles normatives ou réglementaires (Lavigne, 2001).

Les acteurs concernés sont : les groupes sociaux, les opérateurs d'amont et d'aval, les collectivités, les pouvoirs publics, les éleveurs, les résidents de la zone, la société civile et les ONG. Ils peuvent être organisés en instances formelles : associations, coopératives ou collectivités locales. Comme ils peuvent garder un cadre informel tel celui des *Jemâas*. Ces différentes formes d'institution diffèrent en fonction de leurs finalités : orientées

régulation, gestion de biens communs ou organisation citoyenne (tableau 53).

Tableau 53. Finalité des différentes formes d'organisation des acteurs

Finalité	Association	Coopérative	Commune rurale	Jemâa
R	0	-	0	+
GCP	+	+	+	+
Eco	-	+	0	+
Cit	+	+	+	+

+ : concernés prioritairement. 0 : concernés. - : non concernés. R : régulation. GCP : gestion des biens communautaires. Eco : économique. Cit : citoyennes.

Au sein d'une même collectivité ou forme organisationnelle, les acteurs cherchent, chacun selon des logiques propres, à accroître ses bénéfices (Dolisca et al., 2007). Cette mise en œuvre pourrait aboutir à des changements institutionnels constituant la finalité d'un jeu de rôle entre acteurs disposant de différentes sources de pouvoir (Schlüter, 2007). Si on se réfère à notre cas d'étude, la mobilité a longtemps constitué une stratégie adaptée aux conditions du milieu. La dissolution des solidarités sociales et l'exode rural commencent à remettre en cause les préoccupations de la gestion durable des ressources naturelles qui prévalaient. Les nouvelles stratégies d'adaptation ont pour effet d'aggraver les tendances initiales (Bourbouze, 2000) et de favoriser des attitudes individualistes et opportunistes.

Les logiques d'acteurs dépendent de la présence d'une instance organisationnelle locale, de sa reconnaissance, des règles qu'elle impose et de son pouvoir. Ainsi, l'analyse des scénarios relative aux acteurs peut se faire par rapport aux réponses des scénarios à leurs besoins et attentes, aux conflits susceptibles de surgir, aux attitudes envers les ressources et à travers la présence ou le développement des instances collectives de régulation.

La réponse des acteurs face à chacun des scénarios a été introduite plus haut. Il semblerait que le scénario développement intégré réponde au mieux à leurs attentes, suivi de celui de continuité, parc naturel et protection. Quant aux conflits, ils risquent de prendre une envolée particulière avec les scénarios protection, continuité et celui du parc naturel si ce dernier n'est pas accompagné d'un grand effort de communication et d'assistance aux populations locales. La présence d'une instance de régulation permet de cadrer l'action des acteurs individuels. La mise en œuvre des deux scénarios : développement intégré et parc naturel seront favorables au développement et à l'encouragement de ces instances. L'analyse pourra

être plus poussée en se basant sur la nature des règles émises par ces formes organisationnelles.

L'apport des formes d'organisation dans la réussite de chacun des scénarios est présenté au tableau 54, elle émane de la comparaison entre les grands traits de chaque scénario et la finalité de la forme d'organisation. Ainsi, on pourrait conclure que la réussite des alternatives associées aux scénarios III et IV pourrait être accrue par les effets de synergie inhérents à la mise en place de ces structures organisationnelles.

Tableau 54. Contribution des formes d'organisation des acteurs à la mise en œuvre réussie des scénarios

	Coopérative	Commune rurale	Association	Jemâa
Scénario I	+			
Scénario II				
Scénario III	+	+	+	+
Scénario IV	+	+	+	+

+ Contribue à la réussite du scénario

Dans la forêt d'Ajdir, les populations locales perçoivent et sont conscientes de l'ampleur de la dégradation des ressources naturelles (forestières et hydriques) et de l'apport des instances communautaires dans la régulation des usages. L'analyse des besoins en termes d'organisation pour chacun des scénarios permet de faire émerger les choix qui s'imposeront lors de la définition des alternatives d'aménagement qui leur sont associées. Dans ce contexte et si la mise en œuvre des deux premiers scénarios pouvait se passer des formes d'organisation particulières, les deux derniers supposent des formes adaptées à la réalité locale constituant à la fois facilitateurs et instances de régulation.

8.6.4 Plausibilité et pertinence

Certains points positifs méritent d'être soulignés avant d'analyser la plausibilité des différents scénarios.

- De grands efforts pour le désenclavement des zones reculées et de montagnes ont été entrepris.
- De nouvelles approches sont de plus en plus adoptées par l'administration.
- La remise en question de la politique du HCEFLCD a abouti à un projet de réorganisation de ses structures.
- L'émergence de nouveaux acteurs environnementaux.
- Les récentes consultations entre le HCEFLCD, le ministère de l'Agriculture et de l'Intérieur pour redéfinir le cadre légal régissant les terrains collectifs.
- La réflexion sur une loi de montagne.

- La prise de conscience généralisée relative à la nécessité de préserver les écosystèmes forestiers au Maroc.
- La volonté royale traduite par ses directives pour la mise en œuvre de parcs nationaux.
- La préparation de nouveaux textes relatifs à la gestion des aires protégées.
- La programmation d'un nouveau cycle de formation d'ingénieurs spécialisés dans la gestion des aires protégées.

Si les éléments les plus saillants de la volonté du HCEFLCD résident dans le projet de création d'un parc national dans la province de Khénifra et la projection de création d'une réserve de biosphère de la cédraie (RBC) au Moyen Atlas sur une superficie globale de 500 000 ha⁶⁸, cette forte volonté pourrait toutefois se confronter au risque de décalage entre la politique et le terrain et au risque d'une perte de la crédibilité de l'administration vis-à-vis des institutions de financement.

Sur le plan mise en œuvre des scénarios, les différents changements restent tributaires des moyens financiers des foyers et des apports extérieurs qui seront déployés. Ainsi et au vu des conditions socio-économiques des populations locales, il serait fort difficile de quantifier les changements potentiels attendus (Maselli, 1996).

Il est à signaler une certaine divergence des deux premiers scénarios ou du moins du second par rapport aux choix stratégiques nationaux. En effet, les tendances actuelles au HCEFLCD donnent une place de plus en plus importante à la participation des acteurs locaux dans le processus de décision. En effet, le PFN stipule la nécessité d'une approche globale basée sur le partenariat, la promotion de la gestion patrimoniale et le développement des zones périforestières (MDCEF, 1999). De même une gestion forestière multifonctionnelle et pluraliste suppose une pluralité des objectifs, des méthodes et des acteurs (Wang et Wilson, 2007).

En termes de plausibilité et de pertinence et en dehors même d'une analyse poussée des interventions envisagées par les alternatives associées aux différents scénarios, on pourra d'ores et déjà rejeter le scénario protection. Dans le reste de notre approche, on ne retiendra que les trois autres scénarios (continuité, parc et développement intégré) qui seront étayés en alternatives d'aménagement.

⁶⁸ La RBC vise trois finalités : réhabilitation et restauration des écosystèmes de la cédraie, préservation de la richesse biologique à travers le label réserve d'importance mondiale, et la promotion de l'écotourisme en tant que levier pour le développement socio-économique de la zone.

8.7 CONCLUSION

Les scénarios constituent des outils incontournables pour toute réflexion portant sur un futur incertain. Ils permettent d'éclairer les choix à entreprendre. Dans notre mise en œuvre, le choix a porté sur des scénarios exploratoires. Un nombre restreint de scénario a été choisi (4). Ces scénarios constituent des stratégies globales d'aménagement associées à des futurs possibles. L'analyse comparée de la pertinence des quatre scénarios a permis de cerner la divergence du scénario protection par rapport aux orientations nationales ; ceci nous a poussés à l'écarter. Les trois scénarios restant seront détaillés en termes d'interventions à mettre en œuvre et constitueront des alternatives d'aménagement. Ces dernières seront présentées dans le chapitre suivant.

La mise en œuvre d'un scénario (traduit en alternative d'aménagement multifonctionnel des forêts) doit tenir compte du cadre politique régissant la mise en œuvre de tout aménagement forestier, des enjeux qui pèsent sur le secteur forestier au Maroc ainsi que des tendances des variables structurelles retenues.

9. ALTERNATIVES D'AMENAGEMENT ASSOCIEES AUX SCENARIOS

La compréhension des enjeux qui pèsent sur la zone et des tendances futures des variables structurelles, issues de l'identification des scénarios, constitue un préalable à l'identification des alternatives. Rappelons qu'une alternative est l'implémentation opérationnelle d'un scénario donné. Elle se traduit en termes d'actes de gestion et d'interventions à mettre en œuvre pour répondre aux objectifs fixés compte tenu des considérations liées au scénario. La simulation des interventions envisagées dans le cadre des alternatives permettra de percevoir leurs répercussions sur le milieu naturel, sur l'évolution de la structure des peuplements, ainsi que sur les objectifs recherchés par le gestionnaire.

Nous nous intéresserons dans ce chapitre aux alternatives d'aménagement associées aux différents scénarios. On présentera le cadre général régissant leur définition pour détailler chacune d'entre elles par la suite.

9.1 COMPOSANTES DES ALTERNATIVES

Rappelons que la construction des alternatives suit une démarche combinant un ensemble d'actions élémentaires. Ces dernières comportent : le choix des aménagements récréatifs (itinéraires de promenade et sites d'implantation des équipements récréatifs), l'affectation des parcelles à des séries-objectif, l'identification d'un schéma d'organisation des populations locales et la gestion de l'évolution des différentes parcelles.

9.1.1 Itinéraires écotouristiques

Les choix relatifs aux activités écotouristiques comportent l'installation d'équipements récréatifs (parkings, panneaux d'information, poubelles, table-bancs, tables d'orientation et structures d'accueil) et la programmation d'itinéraires de promenades.

L'identification des itinéraires de promenade se base sur quatre choix qui visent la valorisation de l'offre. Le premier concerne le projet proposé dans le cadre de l'aménagement actuel de la cédraie d'Ajdir. Le second comporte

une intensification des équipements. Le troisième se veut valorisant de l'aspect sportif. Le quatrième constitue une variante intermédiaire entre les deux derniers. Les circuits de promenades envisagés seront exposés lors de la présentation des alternatives ; ils sont illustrés à la figure 41.

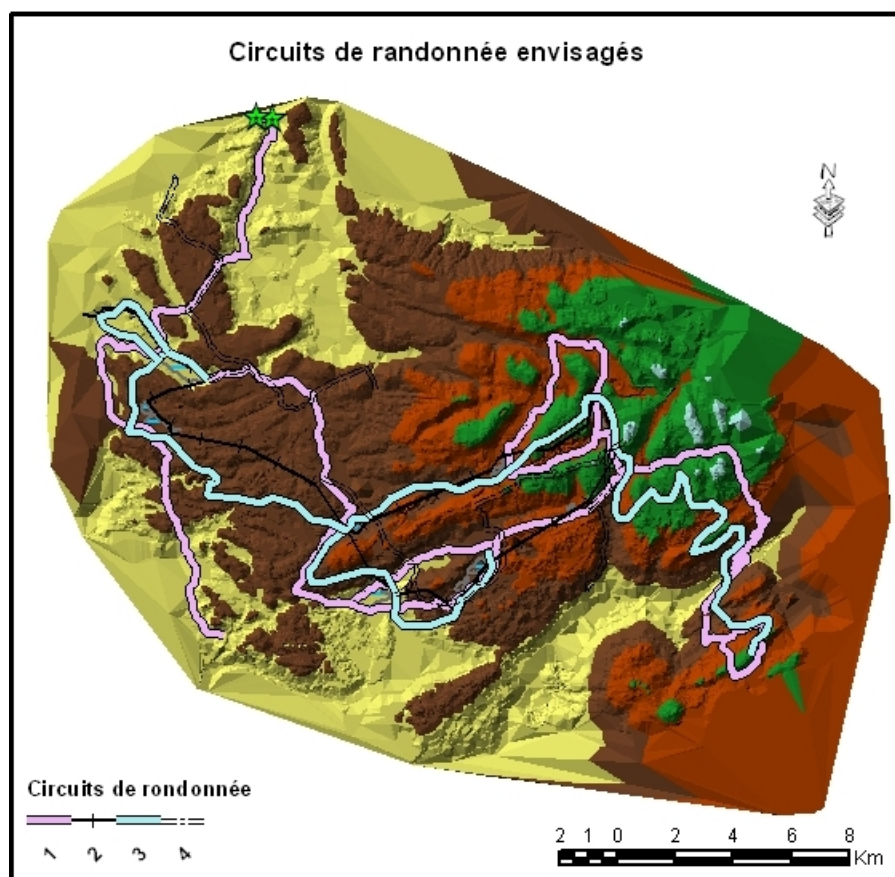


Figure 41. Circuits récréatifs de randonnée proposés

9.1.2 Affectation des parcelles et orientations d'intervention

L'affectation d'une parcelle à une série-objectif dépend de ses vocations, du scénario et de certains choix inhérents à la parcelle (données dendrométriques, proximité et intensité de la pression sociale, ...etc.).

En se basant sur des éléments purement techniques, des orientations à envisager peuvent être formalisées (tableau 55). Elles revêtent un caractère directif et n'ont pas forcément un caractère opérationnel.

Tableau 55. Orientations à assigner aux différentes affectations potentielles

Préoccupation des affectations	Orientations à leur affecter
Production multiple	- Développement de filières. - Valorisation d'autres productions. - Amélioration des conditions de parcours. - Subvention du gaz (butane), promotion d'économies d'énergie et de l'utilisation des énergies renouvelables. - Valorisation des produits secondaires de la forêt. - Valorisation du potentiel touristique.
Sylvopastorale	- Promotion des arbustes fourragers. - Optimisation de la production ligneuse et fourragère par éclaircie, contrôle du sous-bois et par des plantations et des ensemencements. - Vulgarisation de la conduite des élagages des arbres en période de disette.
Forestière	- Intensification de la production ligneuse. - Subvention au titre des mises en défens pour la régénération. - Valorisation des productions locales : agricoles, artisanales, forestières et de transformation. - Reconstitution des peuplements (reboisements, ...etc.).
Agrosylvopastorale	- Développement des périmètres d'amélioration pastorale. - Développement des systèmes agroforestiers pour encourager les complémentarités entre l'élevage, l'agriculture et la forêt. - Promotion et utilisation des arbres à usages multiples.
Agricole	- Intensification de la production agricole et valorisation des cultures à plus forte plus value (arboriculture fruitière). - Développement des périmètres irrigués.
Protection	- Maintien d'une couverture du sol permettant de réduire les risques d'érosion hydrique. - Reboisement de protection dans les zones sensibles.

Plusieurs filières peuvent être valorisées. Elles pourront générer des revenus supplémentaires aux populations locales. Ainsi, on peut citer : les plantes aromatiques et médicinales (aubépine, *Rosa canina*, *Ilex aquifolium*, *Euphorbia*, *Origanum*, ...etc.), l'apiculture et les plantes mellifères, les arbres à usages multiples et les champignons comestibles. Dans ce sens, soulignons l'exemple du lichen. Il est exploité par adjudication au niveau de la quasi-totalité des parcelles d'Ajdir et fourni environ 113 t/an. Son ramassage manuel par les usagers rapporte un revenu global de 226 000 Dh/an, soit l'équivalent de 4 520 HJ/an. L'organisation des circuits de sa commercialisation (ainsi que ceux des autres produits) augmentera les revenus des populations locales.

9.1.3 Composantes organisationnelles et humaines

9.1.3.1 Développement rural intégré et participatif comme finalité

De par les répercussions de la pauvreté des riverains sur la forêt, l'amélioration de leur niveau de vie aura comme conséquence une substantielle réduction de la pression sur les ressources naturelles (forêt et parcours). Elle sous-entend des actions intégrées portant sur le désenclavement, les infrastructures sociales de base, le développement de zones irriguées, l'amélioration de la productivité et le développement de nouvelles filières. Ces actions doivent être orientées selon les besoins des acteurs, inciter le développement des initiatives propres et assurer leur viabilité : socio-organisationnelle, institutionnelle, économique et écologique.

Les composantes des alternatives doivent viser un développement rural intégré et participatif. Toutefois, cette finalité ne sera pas envisagée de la même manière. Sur le plan des principes, « *l'Homme est considéré aujourd'hui comme moyen et finalité du développement* » (Gould, 2007), de même que le développement rural est perçu comme l'« *implication des acteurs dans des actions qui améliorent leur bien être social* » (Chauveau, 2006). Sur le plan de la mise en œuvre, cette finalité dépendra du scénario et de sa conception des relations entre acteurs.

Des choix relatifs aux infrastructures sociales et au désenclavement sont proposés sur la base des souhaits des populations locales (figure 42 et 43). Leur concrétisation revêt une importance capitale et rétablirait des rapports de confiance entre l'administration et les populations locales.

Si la mise en œuvre de la démarche suppose l'intégration de la population locale au processus décisionnel, son organisation revêt également une grande importance.

9.1.3.2 Propositions d'organisation des acteurs locaux

Rappelons que la gestion rationnelle des ressources communautaires est conditionnée par la mise en place de formes d'organisation. En effet, la prise en compte des acteurs individuels en dehors des formes locales d'organisation traditionnelle pourrait être vouée à l'échec (Mahdi, 1997). Les formes organisationnelles peuvent assurer le contrôle de l'usage des ressources et constituer des instances d'arbitrage et de sanction en cas de non-observation des règles (chapitre 2). Outre la gestion des ressources (parcours collectifs, bois de feu et plantes aromatiques et médicinales), elles

peuvent initier une dynamique locale de développement des terroirs leur garantissant la viabilité et les inscrivant dans la durée.

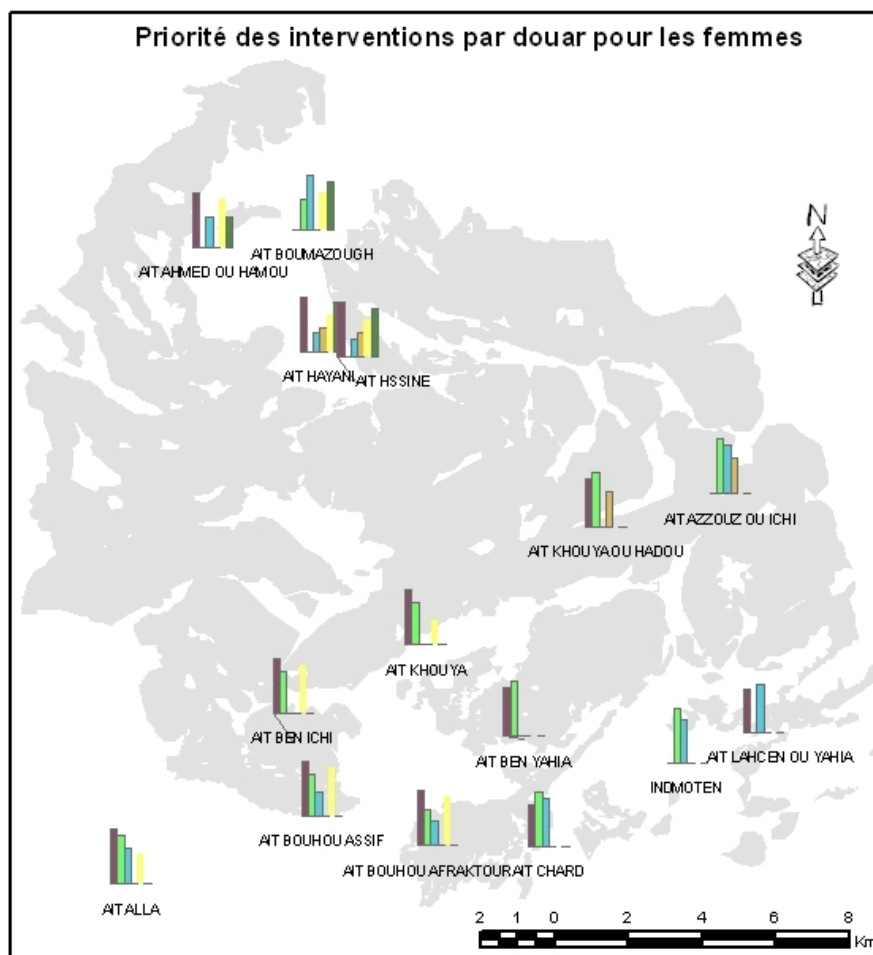


Figure 42. Priorité des actions par douar pour les femmes (*)

	Activités génératrices de revenus		Agriculture		Elevage
	Infrastructure sociale		Désenclavement		Eaux

(*) Pour de plus de détails se référer au chapitre 6 (tableaux 19, 20, 22, 23, 25 et 26).

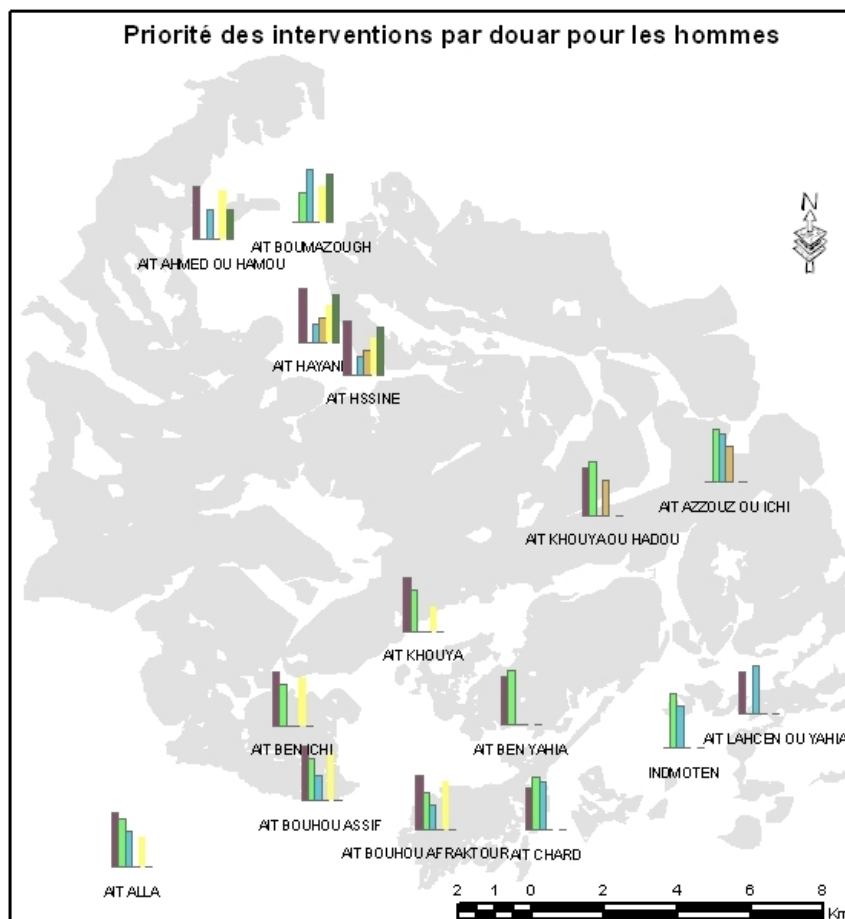


Figure 43. Priorité des actions par douar pour les hommes

	Activités génératrices de revenus		Agriculture		Elevage
	Infrastructure sociale		Désenclavement		Eaux

Les acteurs locaux peuvent s'organiser en : association, coopérative ou *Jemâa* traditionnelle. S'inspirant d'expériences antérieures dans le Rif et dans l'Atlas (POS, 1994 ; Bellarbi, 1999 ; Melhaoui, 2002 ; Rabach, 2008), l'organisation des acteurs locaux pourra comprendre un ensemble de structures :

- Coopératives à finalité socio-économique.
- Comités villageois au sein des douars.
- Association de gestion de terroirs représentant les différents douars au sein d'une unité socio-spatiale homogène (terroir d'une fraction). Elles

seront chargées de gérer et d'évaluer la conduite des plans de développement des terroirs et doivent jouer le rôle d'interlocuteur auprès de l'administration, des autorités et des élus.

- Groupement d'associations de gestion et d'aménagement du territoire au sein d'un massif : comité de massif. Ce comité doit évoluer en groupement d'intérêt économique en charge de pérenniser une dynamique de développement local.

Les formes organisationnelles ainsi présentées doivent s'initier autour d'un noyau traditionnel représenté par la *Jemâa* et évoluer vers une structure démocratique et moderne : l'association. Leur projection sur la composante socio-territoriale confère une originalité à ce choix et permettra de les doter d'un dynamisme basé sur un territoire ancestral et trouvant sa cohésion dans les liens de sang qui unissent les membres de la fraction usagère. La structure hybride entre *Jemâa* et association disposera ainsi d'un ancrage ou d'un « *porte greffe* » lui donnant la force. Dans cette mise en œuvre, l'appropriation de l'association par les populations locales sera plus facile à concrétiser (Ben Ali, 2006).

Pour prévenir le risque de caducité des institutions organisationnelles, Rabach (2008) souligne la nécessité de :

- Renforcer les capacités des membres des différentes entités organisationnelles par l'apprentissage en cours de réalisation des différentes activités et par des formations et/ou des voyages d'échange.
- Encourager le dialogue, le partage des connaissances, l'écoute attentive et mutuelle des différents membres des groupes d'acteurs, et renforcer le pouvoir de négociation et de dialogue de ces structures dans toutes les décisions portant sur le terroir.
- Accompanyer et assister les différents acteurs dans la gestion positive des conflits en suivant les coutumes enrichies, parfois, d'innovations.
- Appuyer les structures locales dans la construction d'une vision et d'un plan d'action dans une perspective d'autonomie et/ou d'autogestion. Les assister également dans le montage de projets qui peuvent être financés par d'autres partenaires.

9.1.3.3 Encadrement des usages

Les usages actuels des riverains s'inscrivent soit dans le cadre des droits d'usage reconnus et ne connaissant pas d'abus, soit dans le cadre de droits d'usage faisant l'objet d'abus. Il faut y ajouter certains menus produits destinés à la commercialisation et récoltés par les populations locales (aubépine, lichen, pyrèthre ...etc.), et l'extension de certains droits à des pratiques délictueuses portant préjudices à la durabilité de la forêt (délits de carbonisation et de coupe de bois vifs).

Le contrôle des prélèvements de bois de feu s'avère difficile à réaliser. En l'absence de bois mort gisant, les usagers s'orientent vers le bois vif. La réduction de cette pression peut être basée sur la programmation d'opérations sylvicoles encadrées par les forestiers et réalisées par les riverains. Les produits de ces opérations seront utilisés par les populations locales. Ils pourront constituer un fourrage d'appoint⁶⁹ et du bois de feu. Un cadre contractuel avec les formes d'organisation des acteurs locaux doit régir cette mise en œuvre et devra leur assurer, en outre, des revenus substantiels. Une autre solution pourra être envisagée ; il s'agit d'imposer aux exploitants forestiers des dotations en bois de chauffe au profit des populations locales à des prix symboliques ou préférentiels. Les prélèvements en bois de service doivent respecter la réglementation en vigueur.

Les pratiques délictueuses concernent la carbonisation et le prélèvement du bois d'œuvre vif. Ces pratiques sont fréquentes chez les Ait Boumezough et constituent un métier dont l'enracinement tient aux conditions des riverains. L'une des solutions à ce problème est de promouvoir le passage de l'illégalité à la légalité. Ceci passe par la constitution de coopératives forestières de charbonniers, de madrieurs ou même de coopératives multi-usages. Elles pourraient participer aux travaux sylvicoles (dépressage et éclaircie) et aux activités de carbonisation et/ou d'exploitation forestière. Les membres adhérents seront les délinquants notoires des douars des : Ait Bouzmour, Ait Chard, et Ait Hcine (fraction d'Ait Boumezough).

Le passage vers la légalité devrait permettre de réduire la part de l'informel, de valoriser au mieux les produits, d'assurer une meilleure marge bénéficiaire et, par conséquent, une valeur ajoutée des produits exploités. Toutefois, se pose la question de la bonne volonté des futurs adhérents et de leur respect du principe de bascule vers la légalité. D'un autre côté les délinquants « occasionnels » ne seront-ils pas encouragés à accroître leurs actions en vue de bénéficier d'une intégration dans ce cadre ? C'est ainsi que d'autres mesures doivent compléter cette solution. Elles pourraient porter sur la création de nouvelles sources de revenus, sur un grand effort de communication, de mobilisation et de coordination entre tous les acteurs concernés en vue d'une bonne gestion des délits conformément au cadre légal en vigueur.

⁶⁹ Les élagages pourraient être programmés au niveau des futaies de chêne vert ou concerner le prélèvement de certaines tiges basses des taillis. Le bois non commercialisable issu de ces opérations pourrait être soit gratuit ou être assimilé aux menus produits avec un éventuel paiement de redevance.

La charge pastorale reste trop lourde et ses répercussions risquent de devenir désastreuses. Un schéma d'organisation des parcours est indispensable, il doit comporter :

- La définition de critères objectifs et reconnus pour accéder au statut d'ayants droit ainsi que l'identification et le dénombrement de ces derniers.
- L'identification et inscription au parcours des troupeaux des usagers pour diminuer la charge pastorale et particulièrement les effectifs des caprins dans la cédraie.
- La conception en commun d'espaces à mettre en défens et instauration à grandes échelles de remboursements pour les mises en défens. Ces remboursements doivent être conçus dans un cadre contractuel de manière à limiter l'accès au statut d'ayants droit.
- Les essais d'amélioration des parcours en forêt (dépressage de peuplements denses de chêne pour permettre le développement du tapis herbacé).
- L'organisation d'éleveurs en groupements sylvopastoraux qui seraient les interlocuteurs des services techniques et promotion de la gestion locale des ressources pastorales par des formes organisationnelles adaptées.
- L'encouragement des cultures fourragères destinées à un élevage bovin en stabulation ainsi qu'une meilleure mise en valeur des possibilités d'irrigation.
- La distribution aux éleveurs d'arbustes fourragers à planter dans les terrains collectifs ou privés comme réserves fourragères sur pied.
- L'accroissement de la contribution des autres composantes dans le système d'exploitation, par l'encouragement des activités agricoles, du petit élevage (apiculture, aviculture, cuniculture...).

9.1.4 Principes sylvicoles

La dynamique de succession de la végétation dans les forêts du Moyen Atlas est régressive pour le cèdre de l'Atlas (Dubé, 2007). Ceci impose un grand souci de précaution lors de la définition des stratégies d'intervention. Ces dernières doivent être fréquentes mais légères pour éviter une *déstabilisation des peuplements* (de Turckheim et Bruciamacchie, 2005). Un grand effort de régénération devra être consenti. Les interventions envisageables devront chercher un équilibre dynamique et répondre aux principes énoncés par de Turckheim et Bruccimachie (2005) : récolte, amélioration, renouvellement, sanitaire et structuration. Ce dernier principe doit, dans la mesure du possible, chercher un équilibre prédéfini.

La gestion du sous-étage revêt une grande importance. Elle permet de garantir la régénération des peuplements et d'assurer une couverture herbacée prisée par les éleveurs. Sa bonne gestion devra réduire les coûts des aménagements et accroître l'offre fourragère.

Les conduites sylvicoles envisageables partent de la supposition de l'existence d'une phase optimale de développement des peuplements. Cette phase est caractérisée par un maximum d'accroissement en *volume*. Dans notre mise en œuvre, elle correspond à une structure irrégulière à jardinée. Messat (1988, 1994), en partant d'une table de production sous forme de matrice de passage (chaînes de Markov) et en se basant sur plusieurs simulations, a défini les caractéristiques optimales de la cédraie de Sidi M'Guild, soit une surface terrière de 22 m² et une densité de 250 tiges/ha.

L'analyse de la variation de la production du volume en fonction de la densité des peuplements a été conduite. Elle s'est basée sur l'utilisation de modèles de croissance (Khatouri, 1987 ; Khatouri et Denis, 1990) et sur des simulations sur 180 ans. Elle a permis de déterminer des structures optimales correspondant à une densité allant de 244 à 277 tiges/ha. Les résultats relatifs à la surface terrière vont de 20 et 41m².

Des combinaisons possibles d'effectifs entre 220 et 300 tiges, de surface terrière entre 18 à 25 m² et en privilégiant des structures s'approchant de la structure jardinée (distribution de Weibull avec un coefficient de forme inférieur à 1) ont été testées. Les résultats ont abouti à des distributions caractérisées par des coefficients de forme allant de 0,5649 à 0,5755 et par un facteur d'échelle allant de 0,137 à 0,157. Les peuplements issus de ces simulations possèdent une densité relative⁷⁰ oscillant entre 31,68 et 43,80. Les volumes sur pied vont de 214 à 296 m³/ha. Ceci ne diverge pas trop des recommandations de Messat (1994) qui suggère un volume optimal sur pied de 220 m³. Cette différence peut être imputée, entre autres, aux différents tarifs de cubage et normes essayés.

On supposera que la structure optimale est de type jardinatoire. Elle est caractérisée par une surface terrière et une densité allant respectivement, de 18 à 25 m² et de 220 à 280 tiges/ha. En fonction de la série-objectif, une

⁷⁰ $RD = \frac{G}{\sqrt{D_q}}$; Avec G : surface terrière et D_q : diamètre quadratique. Des valeurs allant de

22 à 25 caractérisent des peuplements ouverts. Un passage en coupe s'impose quand RD atteint des valeurs de l'ordre de 50.

plus au moins grande rigueur d'application de cette norme pourrait être admise.

9.1.5 Limites

La réflexion relative à l'identification des schémas d'intervention pourrait relever des débats houleux au sein de l'administration dans la réalisation des différentes composantes des alternatives. Les questions qui peuvent être posées portent sur : i) le rôle de l'administration : valorisation des patrimoines versus leur préservation, ii) l'administration en tant que maître d'œuvre prendra-t-elle en charge les actions des autres institutions (actions de développement) ? et iii) l'administration pourra-t-elle se constituer à la fois en coordonateur d'un développement durable et en observateur de l'évolution des ressources naturelles et de la biodiversité ?

Dans notre mise en œuvre qui souhaite s'inscrire dans « *une perspective réaliste* », l'administration forestière sera en charge de la conservation et du développement des ressources forestières. Elle *pourrait* coordonner dans la mesure du possible avec les autres administrations des interventions visant le développement local. Ainsi, les autres actions ne s'insérant pas dans ses attributions revêtiront le caractère d'orientations et ne seront pas jugées dans l'évaluation des scénarios.

9.2 ALTERNATIVE ASSOCIEE AU SCENARIO DEVELOPPEMENT INTEGRE

9.2.1 Introduction

S'insérant dans un cadre de rupture, cette alternative vise la promotion du développement local en favorisant de nouvelles filières et en développant des activités à forte plus value. Sur le plan pastoral, le renforcement des capacités de production (intensification de la stabulation) et la réduction de la place de cette composante dans les modes d'utilisation de l'espace seront envisagés. Sur le plan agricole, les activités hautement rémunératrices, en l'occurrence, l'arboriculture fruitière seront encouragées. Sur le plan forestier, un accroissement des offres d'emploi sera recherché. Sur le plan des activités génératrices de revenus, la promotion de l'écotourisme améliorera les revenus des populations locales. Sur le plan des rapports entre la population locale et l'administration, des actions ayant une portée sociale devront permettre un regain de confiance et un changement de la perception du rôle de l'administration (figure 42 et 43).

9.2.2 Cadre spatial et organisationnel

Les séries-objectif retenues pour le premier scénario ont été établies sur la base des cartes des vocations. Elles peuvent être déclinées comme suit :

- Conservation et production ligneuse (CPL).
- Accueil du public (AP).
- Intérêt paysager (IP).
- Agrosylvopastoral (ASP).
- Conservation (CS).

Les vocations ont été reclassées en se basant sur trois principes clés : primauté de la fonction sociale, multifonctionnalité et principe de précaution (chapitre 5 : les affectations potentielles PL et PFC ont été prioritairement affectés à la série-objectif CPL, celle PFC et en fonction d'autres considérations soit à la CS, CPL ou à une série d'intérêt cynégétique (IC), la PM pour l'AP et le SP, SPC et ASP pour l'ASP). Lors de ce reclassement les autres considérations prises en compte sont relatives au souci d'intégration dans le cadre d'une unité de gestion existante (parcelle) et de cohérence spatiale et socio-territoriale, à la quiétude pour la série d'intérêt cynégétique et à la prise en compte de la composante sociale pour les parcelles avoisinantes des douars (figure 44).

9.2.3 Caractérisation des peuplements

Les caractéristiques dendrométriques des séries-objectif retenues par le scénario développement intégré sont consignées au tableau 56.

Tableau 56. Caractéristiques des séries-objectif retenues par l'alternative développement intégré

Série	S	NP	G	N	N brin	AMA	V CDR	NCV	VCV	% forêt
CPL	13 244	127	11,97	75,36	25,40	1,81	168,79	352,87	40,85	54,06
CS	2 186	27	11,21	61,52	26,12	1,70	166,52	418,11	31,56	8,92
ASP	3 305	31	7,68	54,33	29,79	1,20	102,64	502,83	48,96	13,49
AP	967	11	12,16	58,23	11,31	1,94	201,71	383,89	43,82	3,95
IP	4 797	46	9,95	51,24	21,46	1,54	154,27	473,78	40,96	19,58

Avec S : surface, NP : nombre de parcelles, G : surface terrière moyenne, N : nombre d'arbre/ha de cèdre, N brins : nombre de brins de cèdre à l'ha, AMA : accroissement moyen annuel du cèdre en m³/ha/an, VCDR : volume sur pied du cèdre en m³/ha, NCV : nombre de tige de chêne vert à l'ha, VCV : volume sur pied de chêne vert en m³/ha, CPL : série-objectif conservation et production ligneuse, CS : série-objectif de conservation, ASP : série-objectif agro-sylvopastorale, AP : série-objectif d'accueil de public, IP : série-objectif intérêt paysager.

La série-objectif de conservation et de production ligneuse comprend 127 parcelles. Elle couvre une superficie de 13 244 ha, soit 54% de la superficie totale de la forêt. Cette série-objectif est caractérisée par une densité moyenne de 75 tiges/ha. La régénération est présente avec une

moyenne de 25 brins/ha. La surface terrière moyenne du cèdre est de l'ordre de $11,97 \text{ m}^2/\text{ha}$. Le volume moyen sur pied est de $169 \text{ m}^3/\text{ha}$ avec un accroissement moyen annuel de $1,81 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{an}$. Le sous-étage est formé généralement d'un taillis de chêne vert d'âge et de densité variables (densité moyenne de 352 tige/ha et un volume moyen sur pied de $39 \text{ m}^3/\text{ha}$).

La série-objectif de conservation est constituée de 27 parcelles. Elle couvre 9% de la superficie de la forêt. Elle est caractérisée par des peuplements ayant une densité moyenne de cèdre de l'ordre de 61,52 tiges/ha. La régénération est présente avec une moyenne de 26 brins/ha. La surface terrière moyenne est de l'ordre de $11,2 \text{ m}^2/\text{ha}$. Le volume moyen sur pied est de $167 \text{ m}^3/\text{ha}$ avec un accroissement moyen annuel de l'ordre de $1,7 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{an}$. Le sous-étage est formé d'un taillis de chêne vert d'âge et de densité variable (sa densité moyenne est de 418 tiges/ha et son volume moyen sur pied de $32 \text{ m}^3/\text{ha}$).

La série-objectif agrosylvopastorale compte 31 parcelles couvrant 3 305 ha, soit près de 13 % de la surface de la forêt. Elle est constituée par des peuplements ouverts. La densité moyenne de cèdre s'élève à 54 tiges/ha, celle du chêne vert atteint les 503 tiges/ha. La surface terrière moyenne du cèdre est de $7,7 \text{ m}^2/\text{ha}$. Le volume sur pied atteint $54 \text{ m}^3/\text{ha}$ pour le cèdre et $48,96 \text{ m}^3/\text{ha}$ pour le chêne vert.

La série-objectif d'accueil du public comporte 11 parcelles. Elle couvre 967 ha, soit près de 4 % de la superficie de la forêt. Elle est constituée des parcelles limitrophes aux sites ayant un grand potentiel écotouristique (lacs d'Aguelmam Azegza et de Tiguelmamine, sources d'Oum Rebii et SIBE de Talaghine). Les peuplements de la série ont une densité moyenne de cèdre de 58 tiges/ha, celle du chêne vert est de 384 tiges/ha. La surface terrière moyenne du cèdre s'élève à $12,16 \text{ m}^2$. L'accroissement moyen du cèdre est de $1,94 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{an}$. Le volume sur pied est de l'ordre de $202 \text{ m}^3/\text{ha}$ pour le cèdre et de $44 \text{ m}^3/\text{ha}$ pour le chêne vert.

La série-objectif d'intérêt paysager comporte 46 parcelles. Elle couvre 4 796 ha, soit près de 20 % de la surface de la forêt. Elle est constituée par des peuplements ouverts. La densité moyenne de cèdre s'élève à 51,24 tiges/ha, celle du chêne vert atteint 474 tiges/ha. La surface terrière moyenne du cèdre est de $9,95 \text{ m}^2/\text{ha}$. Le volume sur pied atteint $154 \text{ m}^3/\text{ha}$ pour le cèdre et $41 \text{ m}^3/\text{ha}$ pour le chêne vert.

9.2.4 Interventions envisagées

9.2.4.1 Interventions sylvopastorales

Les interventions sylvopastorales se rapportant à une unité socio-territoriale donnée, doivent revêtir un caractère contractuel et être précédées d'une concertation avec les instances organisationnelles de l'unité en question.

Dans une perspective d'intensification de la composante pastorale, des abris collectifs et des opérations d'amélioration pastorale seront programmés. Les opérations d'amélioration pastorale concerneront trois périmètres : parcelles 167 et 168, 74 et 95, et la parcelle 19. Dans les autres parcelles de la série, des opérations d'ouverture des peuplements pour favoriser la strate herbacée seront programmées. Trois abris collectifs peuvent être envisagés : le premier avoisinant la parcelle 74, le second dans l'une des parcelles 164 ou 165 et le troisième dans la parcelle 223 ou 225.

L'amélioration sylvopastorale visera l'accroissement de l'offre fourragère. Elle consiste en l'ensemencement direct, après les pluies d'automne, d'espèces pastorales (*Medicago suffruticosa*, *Anthyllis vulneraria*, *Dactylis glomerata*, *Festuca rubra*, *Festuca ovina*, *Agropyron panormitanum*, *Brachypodium sylvaticum*, *Sanguisorba minor* ...etc.). Elle sera programmée avec une rotation de 2 ans et devra permettre un doublement de l'offre fourragère en UF.

9.2.4.2 Interventions cynégétiques

Des aménagements cynégétiques porteront sur la détermination de zones de lâcher du gibier ou de repeuplement, des points d'affouragement et en cas de besoin des points d'eau et/ou d'acclimatation en optant pour les zones de quiétude. Ces interventions seront programmées par les amodiataires sélectionnés.

Les parcelles susceptibles d'être retenues pour des éventuels aménagements cynégétiques s'organisent en deux blocs et pourront faire l'objet de deux ou trois lots à concéder. Le premier bloc comporte les parcelles 59, 66, 67, 69, 78, et 120. Il pourra être aménagé pour la chasse sportive. Des introductions ou des acclimations peuvent éventuellement avoir lieu dans les parcelles 56 et 64 avec installation de points d'affouragement pour le gibier qui seront utilisables lors des périodes de soudure.

9.2.4.3 Interventions récréatives

La promotion des activités récréatives passe par un accroissement des infrastructures d'accueil et par la mise en place d'équipements pour répondre aux besoins des usagers. Ces infrastructures récréatives sont proposées à la figure 45.

Au vu de l'altitude de la zone d'étude et du grand manque en matière d'infrastructure sportive, un centre sportif d'athlétisme⁷¹ pourra être érigé.

9.2.4.4 Interventions sylvicoles

Les interventions sylvicoles viennent entériner les choix envisagés. Elles émanent des itinéraires techniques adaptés à chacun des peuplements et ce en fonction de la série-objectif en question.

⁷¹ Ce choix émane du constat que malgré le manque d'infrastructure sportive, le Moyen Atlas, reste prisé par les athlètes professionnels pour leur préparation. La création du centre pourra accroître l'attractivité de la zone.

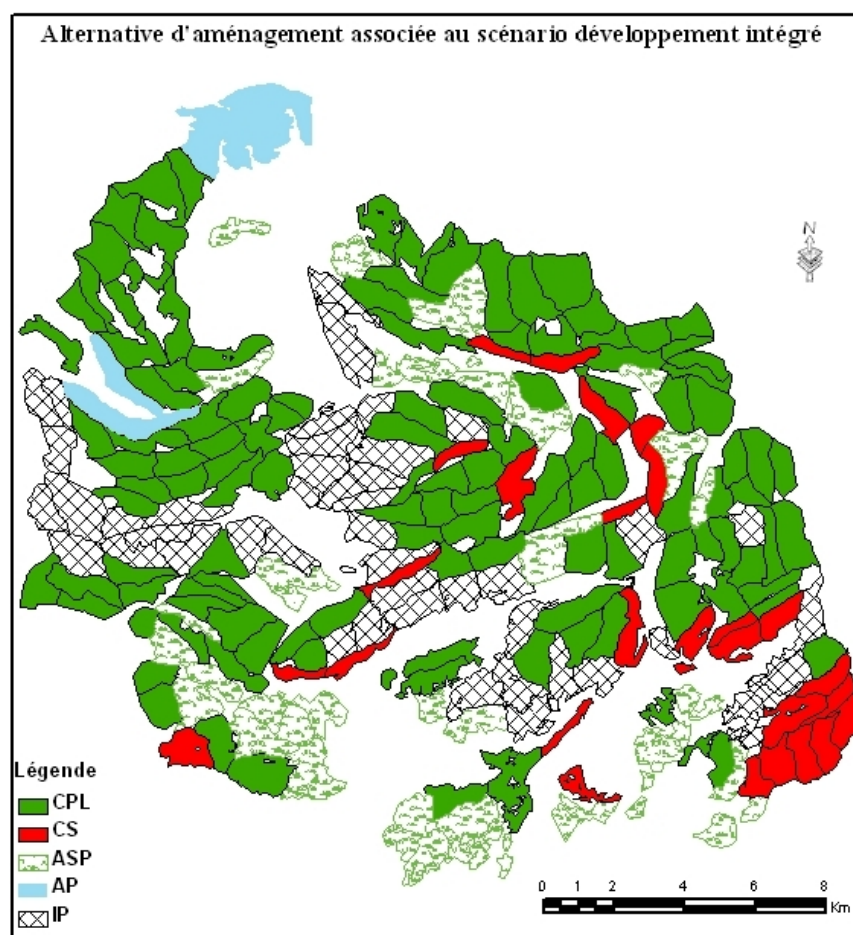


Figure 44. Alternative d'aménagement associée au scénario développement intégré

Avec : CPL, CS, ASP, AP et IP représentent respectivement les séries-objectif : conservation et production ligneuse, conservation, agrosylvopastoral, accueil du public et intérêt paysager.

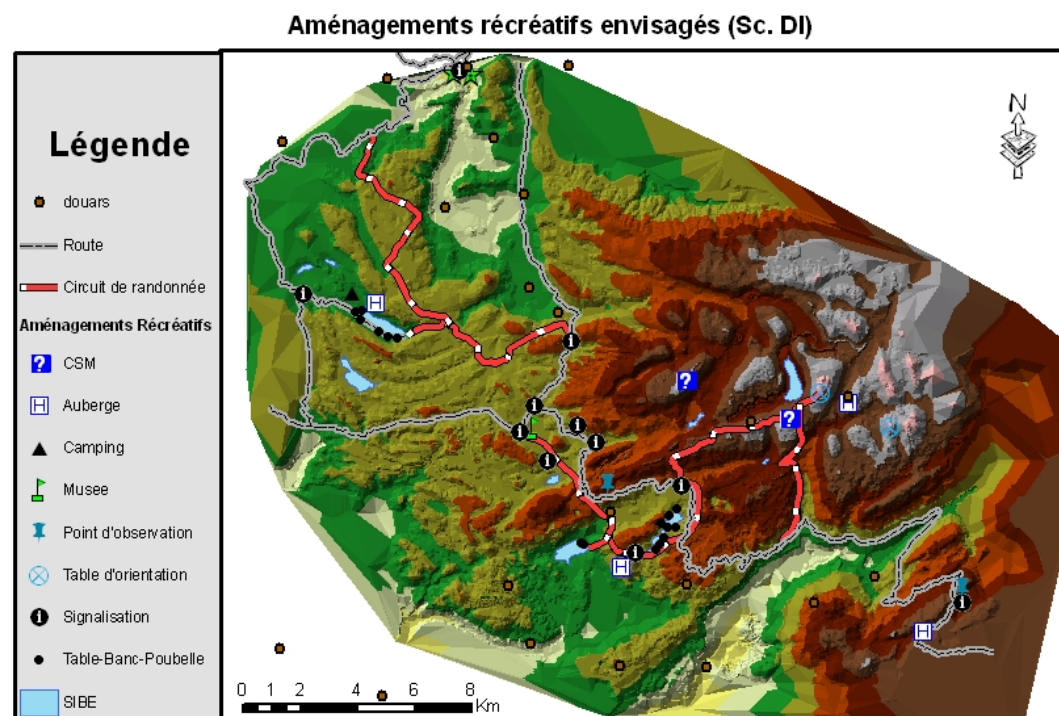


Figure 45. Aménagements récréatifs envisagés par le scénario développement intégré

La détermination des interventions s'est basée sur la procédure décrite au chapitre 4. Une contrainte de structure de peuplements a été imposée différemment aux modèles. Cette contrainte est obligatoire pour chaque période pour les séries-objectif IP et AP. Pour ces deux séries-objectif, on imposera en plus une contrainte d'adjacence : les interventions ne devront pas être exécutées dans deux parcelles limitrophes en une même période. La contrainte de structure doit être vérifiable à la fin de l'horizon de planification pour la série-objectif CPL. Les interventions seront proscrites dans la série CS. Pour la série ASP, aucune norme ne sera retenue. Toutefois et à défaut de recherche de normes prédéfinies, on devra au moins conserver, sinon améliorer la structure actuelle (logique de capitalisation).

Le renouvellement des peuplements doit être basé, de préférence, sur la régénération naturelle. Dans ce sens, un cadre contractuel entre l'administration et la population locale devra être étudié. Ce dernier définira les rôles des acteurs et envisagera des compensations appréciables par le degré d'installation de la régénération naturelle (les compensations pourront regrouper les montants octroyés pour le respect des mises en défens et éventuellement le coût d'une opération de plantation).

A défaut de la régénération naturelle et au-delà de la deuxième période d'aménagement, la régénération artificielle pourra être envisagée. Elle devra consister en la plantation de plants de deux ans dans des potets de 50x50x50cm et ce, en se limitant à de faibles surfaces.

9.2.4.5 Activités génératrices de revenus

L'amélioration des revenus sous-entend l'amélioration de la rentabilité des pratiques actuelles, le développement des filières et la labellisation des produits locaux (produits de terroir).

En plus de l'écotourisme, le développement de la chasse, de la pêche continentale et la création d'un centre d'athlétisme ou de sport d'hiver ou de montagne pourront être envisagés. Ils permettront d'initier un nouveau pôle de développement local. Toutefois et à long terme, certaines questions doivent être posées (Barrow et Hicham, 2000). Elles portent sur l'impact d'une telle mise en œuvre sur la main d'œuvre disponible pour les autres activités (agricoles, pastorales et forestières) et sur l'appréciation des emplois indirects générés par les activités annexes (produits de terroirs). Toutefois, la raréfaction de la main-d'œuvre pour ces travaux pénibles n'est pas à craindre ; un potentiel important de moyens mécanisés peut remplacer l'homme dans les tâches les plus lourdes et ingrates, mais essentiellement

lorsque cela ne supprime pas l'accès à l'emploi de personnel non qualifié ne pouvant entrer dans les métiers « culturels ».

9.2.5 Schéma d'appui et d'organisation des populations locales

L'organisation des populations locales doit suivre les règles précédemment présentées. Les mesures d'accompagnement porteront sur l'amélioration de l'accès aux infrastructures de base, le renforcement de filières (agricole, pastorale et écotourisme) et la réduction de la dépendance envers les ressources naturelles (interventions sylvopastorales, réduction de la consommation de bois-énergie et promotion des énergies de substitution).

Une coordination entre les départements concernés devra permettre la mise à niveau des infrastructures de base : santé, éducation et désenclavement. Les priorités respectives de leur mise en œuvre émanent du diagnostic socio-territorial réalisé (figures 42 et 43).

Les administrations concernées par les composantes agricoles (service de l'élevage et des productions végétales) devront centrer leurs actions sur les pratiques, les moyens de production et les filières. Sur le plan des pratiques, il y aura lieu de favoriser les cultures à forte valeur ajoutée et adaptées aux conditions du milieu (arboriculture fruitière), de promouvoir le recours aux semences/plants sélectionnés et de suivre une conduite phyto-technique adéquate. Sur le plan moyen de production, il y aura lieu de faciliter l'accès à ces moyens (disponibilité et coûts raisonnables) et de garantir une meilleure mobilisation des eaux d'irrigation.

Sur le plan des filières, l'administration devra assister celles-ci au conditionnement des productions. Sur le plan organisationnel, la mise en place de coopératives s'imposera. Ces dernières vont constituer des relais en matière de vulgarisation et de transfert de savoirs. Elles devront de préférence précéder la mise en place d'entrepôts collectifs et/ou d'aménagements hydrauliques.

Sur le plan pastoral, des actions sur les troupeaux, les pratiques et la filière pourront être envisagées. Elles porteront sur une alimentation et un rationnement bien étudié, un recours à la stabulation (favorisée par les abris collectifs envisagés), un suivi vétérinaire et une bonne gestion de la prolificité des troupeaux. Sur le plan des filières, il y aura lieu de labelliser les produits locaux en tant que produits de terroirs, de développer d'autres productions (fromagerie), d'assurer un bon écoulement de la production et aussi un bon approvisionnement en denrées de base.

Sur un autre plan, une réflexion sur les modalités de mise en place d'un cadre contractuel entre la population locale et l'administration devra être approfondie. Il pourra être imaginé à travers l'instauration de compensations pour l'installation de la régénération naturelle. Les montants envisageables pourront dépendre du degré d'acquisition de la régénération naturelle.

9.3 ALTERNATIVE ASSOCIEE AU SCENARIO PARC NATUREL

9.3.1 Alternative associée

La réflexion à la mise en place du parc a été initiée à la suite de directives royales. L'alternative associée à ce scénario constitue une implémentation que nous avons envisagée (dans le cadre spatial de la zone d'étude) du projet parc national de Khénifra. Rappelons que ce projet est en cours de développement et porte sur une échelle spatiale dépassant l'emprise de la forêt.

Dans notre contexte, la mise en place du parc naturel devrait constituer un véritable levier pour le développement local. L'alternative envisagée doit valoriser les éléments inhérents à : i) l'histoire de la zone en tant que bastion de la résistance, ii) les zones humides et les paysages d'une beauté sans équivoque rencontrés et iii) les traditions locales et les espaces de rencontre des pasteurs. Dans les zones de montagne, caractérisées jadis par la transhumance, ces espaces de rencontre ont constitué des espaces culturels, éducatifs et mobilisateurs. Ils ont assuré le transfert et l'échange de connaissances traditionnelles (Bourbouze, 1997).

Dans un espace voué à la protection, cette dernière ne peut « devenir une réalité respectée que si elle est considérée comme la partie centrale d'un aménagement plus global de l'espace rural et si sa mise en place est accompagnée de compensations sensibles pour les populations concernées. Mieux encore, les espaces pourront se développer si les populations peuvent en tirer un bénéfice et pas seulement une compensation tout en étant étroitement associées à leur mise en place et à leur gestion » (Oury Bah et al., 1996).

Au vu des finalités de cette alternative, les objectifs qui pourront être assignés au futur parc sont : i) conserver les écosystèmes, les paysages et la biodiversité ; ii) asseoir un développement socio-économique local respectant la nature et la culture locale ; iii) mettre en place des programmes de recherche, un monitoring de l'écosystème ; et iv) impliquer les populations locales dans la prise des décisions relatives à leurs territoires.

Cette alternative suppose une gestion *conservatoire alliant une limitation concertée dans le temps et dans l'espace des usages* aux mesures de réhabilitation des milieux et des habitats. Elle nécessite un appui financier supplémentaire et sous-entend l'intensification de l'écotourisme et des activités génératrices de revenus.

9.3.2 Cadre légal et géographique

La création d'un parc au Maroc intervient suite à un arrêté *Viziriel* conformément aux textes en vigueur (dahir du 11/9/1934 relatif aux parcs nationaux tel qu'il a été complété par l'arrêté *Viziriel* du 24/9/1934 fixant les procédures à suivre et par l'arrêté du 20/3/1946 portant création d'un comité consultatif des parcs nationaux). D'autres textes peuvent être ajoutés : le dahir forestier du 10/10/1917 relatif à la conservation et à l'exploitation des forêts, le code des investissements agricoles (dahir du 25/7/1969 précisant les modalités de défense et de restauration des sols) et le dahir du 20/9/1976 relatif à l'organisation de la participation de la population au développement de l'économie forestière.

Il conviendrait de souligner qu'un nouveau texte de loi, portant organisation des aires protégées au Maroc, est en cours d'élaboration. Ce texte s'inscrit dans le cadre de la modernisation des textes actuels et visera à « *englober non seulement les parcs nationaux mais également les différentes autres catégories d'aires protégées telles qu'elles sont reconnues à travers le monde, tout en adaptant leurs critères au contexte particulier du pays* » (HCEFLCD, 2007). Le nouveau texte de loi envisage la consultation des collectivités locales et des organismes concernés pour le classement des aires protégées et pour la définition des préjudices et des indemnités à octroyer aux ayants droit. Il intégrera également deux nouvelles catégories de parc : naturel et national (HCEFLCD, 2007).

Au vu du cadre légal actuel, le parc à créer portera la dénomination de « parc national du Moyen Atlas de Khénifra ». Dans le futur, il devrait s'insérer dans le statut parc naturel prévu par le texte en cours de préparation. Ce statut correspond aux catégories IV (aire protégée de ressources naturelles gérées) et V (paysage terrestre protégé) de la classification de l'UICN (UICN, 1994). Cette conception émane de deux éléments. Le premier inhérent à l'absence d'un espace nature dans sa forme *sauvage et vierge* et le second à une éventuelle perspective d'intégration avec le parc national d'Ifrane ou dans l'éventuelle réserve de biosphère de la cédraie (RBC).

Le futur parc est situé dans la région Meknès-Tafilalt. Cette région est caractérisée par la diversité de ses paysages et le nombre de ses sites

d'intérêt biologique et écologique (24 zones humides classées par la convention RAMSAR). Ceci justifie l'existence de deux parcs nationaux : parc du mouflon au Haut Atlas oriental et parc national d'Ifrane, et motive la création du futur parc naturel de Khénifra et une éventuelle RBC.

Le futur parc national (émanant des directives royales) s'étend sur une superficie totale proposée de 82 000 ha. Il englobe, en plus de la cédraie, le SIBE de Talghine et les zones humides classées comme SIBE : lac Ouïouane, Aguelmam Azegza, Aguelmam Miami, Aguelmam Sidi Ali, et les sources d'Oum Rebii. Il s'étend sur les territoires des communes rurales : Oum Rebii, Aguelmam Azegza, Krouchen, Tizi N'Ghenchou, Tanourdi, Itzer et Aït Ben Yakoub. Son emprise envisagée par le HCEFLCD dépasse l'assiette de la forêt d'Ajdir.

La forêt d'Ajdir constitue une composante centrale et importante du futur parc. Elle comporte les principaux sites d'intérêt biologique et écologique qui seront intégrés au parc de même que le plateau d'Ajdir et l'écosystème cédraie.

La mise en œuvre de l'alternative parc doit prendre en considération i) le souci de se limiter à la zone d'étude et ii) le souci de complémentarité avec le parc national d'Ifrane qui lui est limitrophe (plus particulièrement la zone naturelle de protection de faune de l'oued Bekrit) et de l'entière du futur parc.

9.3.3 Cadre spatial

La gestion, la programmation et l'organisation des interventions dans le futur parc s'appuient sur un zonage de l'espace. L'élucidation de ce dernier se base sur les objectifs arrêtés et sur les résultats de l'étude des vocations. Le zonage présente l'avantage de structurer l'espace fonctionnellement et de répondre aux besoins de complémentarité des objectifs et des préoccupations (HCEFLCD, 2007). Deux niveaux complémentaires peuvent être retenus lors de l'établissement des éléments de spatialisation. Le premier niveau porte sur le zonage bioécologique. Il est composé de trois unités : zone de protection intégrale, zone tampon et zone d'influence ou zone transitoire (Amend et al., 2003). Le second concerne le zonage opérationnel (HCEFLCD, 2007). Il correspond au zonage forestier, plus pratiquement à la définition des unités d'aménagement.

Les éléments retenus pour mettre en place cette différenciation spatiale et définir des stratégies d'aménagement appropriées se basent sur l'intérêt des sites, leur fragilité, la fréquentation et le degré d'autonomie des visiteurs (Billand, 1996). D'autres éléments ont également été considérés :

l'affectation potentielle des parcelles, la distance par rapport aux douars, la contrainte d'intégration dans une unité de gestion (la parcelle étant considérée comme l'unité élémentaire) et la contrainte de surface. Les séries-objectif retenues, correspondant au zonage fonctionnel, comprennent :

- Protection et reconstitution du milieu (PRM).
- Agrosylvopastorale (ASP).
- Sylvopastoralisme conditionné (SPC).
- Accueil du public (AP).
- Conservation (CS).

Ces séries-objectif s'intègrent dans le zonage bioécologique précité. La série de conservation constitue la zone centrale de protection, la série de protection et de reconstitution du milieu forme la zone tampon et le reste peut être classé dans la zone de transition. Si pour certains auteurs chaque zone doit occuper 1/3 de la superficie, le souci de ne pas transgresser les règles de mise en défens (au maximum 1/5 de la surface) nous a imposé d'opter pour une zone centrale de conservation avoisinant les 22%.

9.3.4 Caractérisation des peuplements

Les caractéristiques dendrométriques des séries-objectif retenues par le scénario parc naturel sont consignées au tableau 57. La série-objectif accueil du public a été définie de la même manière que pour le scénario développement intégré. Elle présente les mêmes caractéristiques que celles évoquées.

Tableau 57. Caractérisation des peuplements des séries-objectif retenues par le scénario parc naturel

Série	S	NP	G	N	Nbrins	AMA	V CDR	NCV	VOLCV	% forêt
AP	5 764	57	10,2	51,99	20,25	1,58	159,31	457,43	41,48	23,53
ASP	1 216	10	4,32	31,23	48,83	0,63	59,42	613,41	57,86	4,96
SPC	2 635	27	7,71	38,46	17,58	1,10	107,18	399,50	39,54	10,75
PRM	9 522	92	11,7	78,22	25,10	1,83	164,18	383,01	44,54	38,87
CS	5 362	56	12,8	77,08	28,39	1,92	184,79	346,16	31,99	21,89

Avec S : surface, NP : nombre de parcelles, G : surface terrière moyenne, N : nombre d'arbre/ha de cèdre, Nbrins : nombre de brins de cèdre à l'ha, AMA : accroissement moyen annuel du cèdre en m³/ha/an, VCDR : volume sur pied du cèdre en m³/ha, NCV : nombre de tige de chêne vert à l'ha, VCV : volume sur pied de chêne vert en m³/ha, PRM : série-objectif de protection et de reconstitution du milieu, CS : série-objectif de conservation, ASP : série-objectif agrosylvopastorale, SPC : série-objectif de sylvopastoralisme conditionné, AP : série-objectif d'accueil de public.

Les séries-objectif agrosylvopastorale et de sylvopastoralisme conditionné comptent respectivement 10 et 27 parcelles couvrant 1 216 et 2 635 ha, soit

4,96% et 10,75% de la surface de la forêt. Les peuplements de cette unité sont plus ouverts avec des densités respectives de 31 et 38 tiges/ha pour le cèdre et de 613 et 400 tiges/ha pour le chêne vert. La surface terrière moyenne du cèdre est respectivement de 4,32 et 7,71 m²/ha. La régénération du cèdre est présente avec respectivement une moyenne de 49 et 18 brins/ha. Le volume sur pied est de 59 et 107 m³/ha pour le cèdre, et de 58 et 40 m³/ha pour le chêne vert.

La série-objectif de protection et de reconstitution des milieux comprend 92 parcelles. Elle couvre une superficie de 9 522 ha, soit 38,87% de la superficie de la forêt. Cette série reste caractérisée par une densité moyenne de 78 tiges/ha. La régénération du cèdre reste présente avec une moyenne de 25 brins/ha. La surface terrière moyenne est de l'ordre de 11,7 m²/ha. Le volume moyen sur pied est de 164 m³/ha avec un accroissement moyen annuel de 1,83 m³/ha/an. Le sous-étage est formé généralement d'un taillis de chêne vert d'âge et de densité variable (en moyenne 383 tiges/ha et un volume moyen sur pied de 45 m³/ha).

La série-objectif de conservation est constituée de 56 parcelles couvrant 21,89 % de la superficie de la forêt. Elle est caractérisée par une densité moyenne de cèdre de l'ordre de 77 tiges/ha. La régénération du cèdre est présente avec une moyenne de 28 brins/ha. La surface terrière moyenne est de l'ordre de 12,8 m²/ha. Le volume moyen sur pied est de 185 m³/ha avec un accroissement moyen annuel de 1,92 m³/ha/an. Le sous-étage est formé généralement d'un taillis de chêne vert d'âge et de densité variable (densité moyenne de 346 tiges/ha et volume moyen sur pied de 32 m³/ha).

9.3.5 Schéma d'intervention

9.3.5.1 Stratégie d'intervention

Les débats relatifs à l'extension du parc national d'Ifrane, nourris des réalités locales et de contraintes pratiques, ont mis en exergue les quatre axes d'intervention à privilégier (HCEFLCD, 2007) : i) conservation de la biodiversité et gestion conservatoire des écosystèmes des parcs, ii) gestion durable des ressources naturelles, iii) éducation à l'environnement et sensibilisation et iv) valorisation des patrimoines naturels à travers l'écotourisme. Au-delà de ces axes, il faut ajouter la contribution, de l'administration forestière, dans la mesure du possible, à la coordination d'une stratégie de développement durable dans la province concernée par le parc.

Les directives d'intervention diffèrent selon le zonage. Dans la zone centrale de protection, il y a lieu d'interdire toute modification des écosystèmes,

toutes les formes d'exploitation du milieu végétal et animal, tous les prélèvements sauf dérogation justifiée par des obligations scientifiques ou de reconstitution, des modifications paysagères ou toute implantation anthropique. Dans les zones tampon, il y a lieu d'interdire l'introduction des espèces animales et végétales exogènes, la chasse et la pêche, ainsi que les modifications et les altérations du paysage (carrières par exemple). Des exploitations forestières limitées seront tolérées à condition qu'elles restent conformes aux objectifs et normes fixés.

9.3.5.2 Organisation institutionnelle

La gestion du parc doit relever de la compétence d'une entité administrative spécifique dotée d'un personnel qualifié. Au vu des axes d'intervention soulignés, l'organisation interne de cette entité devra comporter un directeur, un adjoint conservateur, un responsable d'écotourisme et d'éducation environnementale, un responsable d'éco-développement et un responsable de gestion durable des ressources naturelles (Anonyme, 2006 ; HCEFLCD, 2007). A cette structure interne peuvent s'ajouter deux autres faisant interface avec les organismes de recherche scientifique (comité scientifique) et avec les autres partenaires (commission permanente). Cette dernière devra coordonner les actions de développement avec les autres administrations.

9.3.5.3 Interventions sylvopastorales

Les actions sylvopastorales s'articulent autour de : i) l'organisation, la responsabilisation et la contractualisation avec les acteurs locaux en matière d'exploitation et de gestion des ressources pastorales et ii) l'amélioration pastorale et la mise en place d'infrastructures. Le premier axe a été présenté lors de l'identification des composantes globales des alternatives. Ici, on privilégiera la structure hybride présentée. Quant au second, il comprend l'implantation de points d'eau et d'affouragement et l'installation d'abris collectifs pour les troupeaux. Ces installations sont conçues avec un souci de répartition de la pression.

D'autres opérations sylvicoles visant l'amélioration de l'offre pastorale peuvent s'insérer dans ce cadre. Dans la série-objectif ASP, plus particulièrement dans les vides et enclaves, des d'ensemencement peuvent être envisageables (selon les mêmes modalités du scénario développement intégré). Ces interventions concernent les parcelles présentées à la figure 47.

Au vu de la fragilité des peuplements de cèdre, on optera pour une capitalisation des peuplements sur pied pour parvenir aux normes fixées. La

gestion du sous-étage du chêne vert consiste à son ouverture pour assurer une densité relative supérieure ou égale à 25.

9.3.5.4 Interventions cynégétiques

Les aménagements cynégétiques doivent faire l'objet d'une étude approfondie portant sur la pertinence de la promotion de cette activité dans la zone et sur les aménagements répondant aux besoins identifiés.

Dans le cadre de la conservation et de la réhabilitation des espèces animales, la stratégie à adopter doit viser la conservation et la gestion appropriée de l'existant pour entamer ensuite une éventuelle réintroduction des espèces disparues. La réintroduction doit être étudiée pour mieux cerner ses impacts sur l'écosystème, sur la population locale et sur l'intégralité du parc. Les espèces qui mériteront de faire l'objet d'une réflexion particulière sont les suivantes :

- La panthère (*Panthera panthera*) qui a disparu depuis les années soixante suite à la pression des éleveurs. La disparition de ce mammifère a permis un accroissement des effectifs des singes magots.
- Le cerf de berberie (*Cervus elaphus barbarus*). Les conditions du parc s'adaptent parfaitement à sa réintroduction. Elle pourra se faire en plusieurs étapes ; en privilégiant au début des espaces d'acclimatation et des enclos aménagés à cette fin.
- La truite fario macrostigma est une sous-espèce endémique du Maroc. Son introduction pourrait être envisagée dans les zones humides du parc.
- le singe magot est une espèce bénéficiant d'un statut particulier de protection. Une gestion appropriée adaptant ses populations aux capacités du milieu s'impose.

9.3.5.5 Interventions récréatives

La promotion des activités récréatives passe par une mise à niveau des aménagements récréatifs. Les équipements envisagés sont illustrés à la figure 48. Leur conception a été réalisée en prenant en considération : i) la promotion d'une forme de tourisme axé sur la nature et compatible avec les impératifs de protection des milieux et des espèces, ii) le souci de répartition de la pression et de limitation de ses impacts sur les ressources naturelles et iii) la nécessité de valorisation des sites naturels et culturels sur l'ensemble du territoire ainsi que la labellisation des produits de terroirs (HCEFLCD, 2007).

9.3.5.6 Interventions sylvicoles

Les interventions sylvicoles viennent entériner les choix retenus. Elles seront programmées dans les séries pastorales ou dans la série de protection et de reconstitution du milieu et ce en fonction du type du peuplement. Elles peuvent viser divers objectifs : la protection ou la réhabilitation des écosystèmes. Ainsi, la série de conservation ne fera l'objet d'aucune intervention. Dans la série de protection et de reconstitution du milieu, on s'attachera à l'application des normes décrites. Cette mise en œuvre permettra de favoriser la structure jardinée à irrégulière. Dans les séries-objectif agrosylvopastorale et de sylvopastoralisme conditionné, les interventions concerneront le sous-étage. On cherchera à maintenir un équilibre dynamique entre les strates arborescente et arbustive. Les coupes rases seront proscrites.

En vue d'une bonne compréhension de l'impact des différentes interventions sur la dynamique des peuplements et sur l'écosystème dans sa globalité, un monitoring des actions envisagées s'imposera.

9.3.5.7 Activités génératrices de revenus

La mise en place du parc devra avoir un effet positif sur l'écotourisme dans la zone. Ceci permettra la diversification des sources d'emplois et la création de revenus supplémentaires. Cette finalité peut émaner également de l'amélioration de la rentabilité de certaines activités actuelles, de la labellisation de produits locaux comme produits de terroir et du développement de filières à fort potentiel.

La direction du parc devra injecter les fonds nécessaires à la mise sur rail de l'écotourisme. Ces fonds seront perçus en tant que compensation aux réductions des usages en forêt. Les populations locales, organisées en instances, devront être assistées dans la mise en place de structures d'accueil, de commerces adaptés et dans la formation de guides.

9.3.5.8 Activités spécifiques

Des activités d'éducation environnementale et de suivi des écosystèmes doivent être envisagées par la direction du parc.

Les actions d'éducation environnementale et de sensibilisation viseront le développement d'une prise de conscience à l'égard de l'environnement. Ces actions peuvent être ponctuelles durant des campagnes de sensibilisation, ou s'inscrire dans la durée. Elles pourraient utiliser une multitude de supports : environnement lui-même, écrits (dépliants, signalisation et

signalétiques, ...etc.) et outils audiovisuels (émissions radios, spots télévisés ...etc.).

Des dispositifs de suivi et de monitoring permanent de l'évolution et du bon fonctionnement des écosystèmes devront être installés. Ces dispositifs, devront être encadrés par un comité scientifique. Ce dernier s'intéresse entre autres aux :

- Recensements périodiques de la faune et suivis de la dynamique des populations des espèces animales rares ou menacées (loutre, singe, ...etc.).
- Inventaires périodiques de la flore et évaluation de l'évolution des communautés végétales.
- Etudes hydrobiologiques des zones humides.
- Suivi de l'impact des visiteurs sur le parc.

9.3.6 Schéma d'appui et d'organisation des populations locales

Le schéma d'organisation de la population locale émane du cadre global présenté plus haut qui donne une place centrale à une structure hybride entre l'association et la *Jemâa*. Les mesures d'appui et d'accompagnement portent sur l'équipement du parc et sur les interventions dans le milieu forestier et péristre. Elles doivent répondre aux besoins des populations locales (figure 42 et 43).

Les équipements à mettre en œuvre par la direction du parc comportent : la matérialisation des limites du parc, la construction de locaux administratifs et éventuellement la projection d'un écomusée, la mise en place d'une signalisation et des signalétiques, le désenclavement et l'acquisition de matériel d'observation, de localisation, et de déplacement.

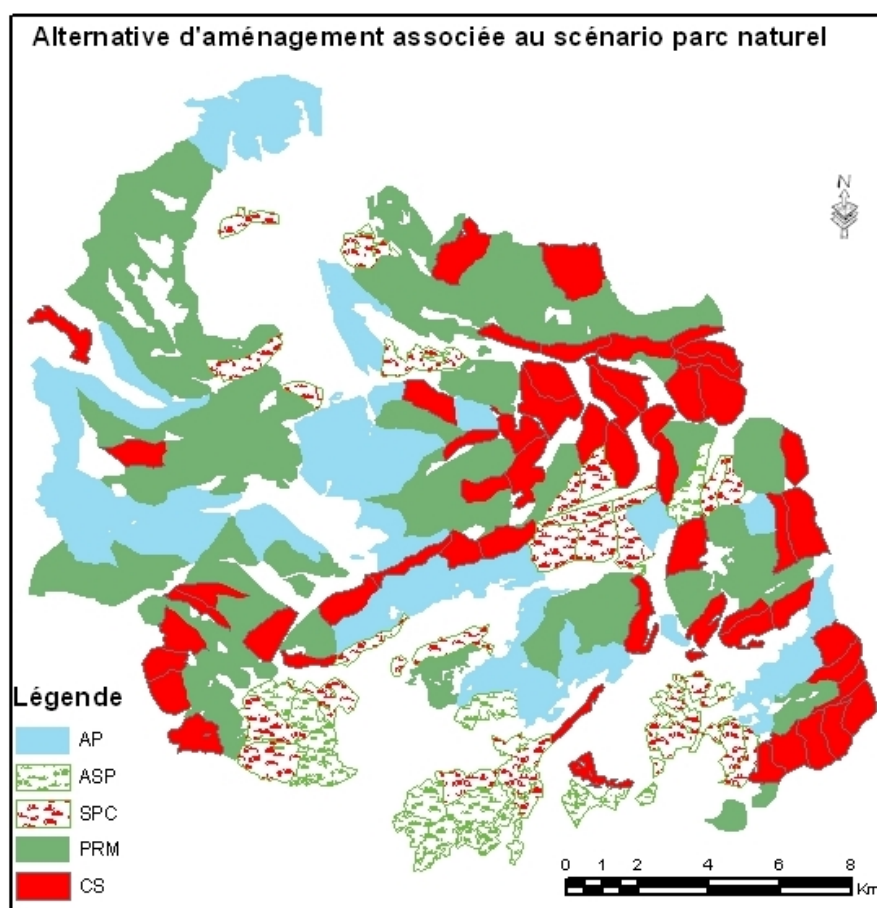


Figure 46. Alternative d'aménagement associée au scénario parc

Avec AP, ASP, SPC, PRM et CS représentent respectivement les séries-objectif : accueil du public, agrosylvopastoral, sylvopastoralisme conditionné, protection et reconstitution du milieu et conservation.

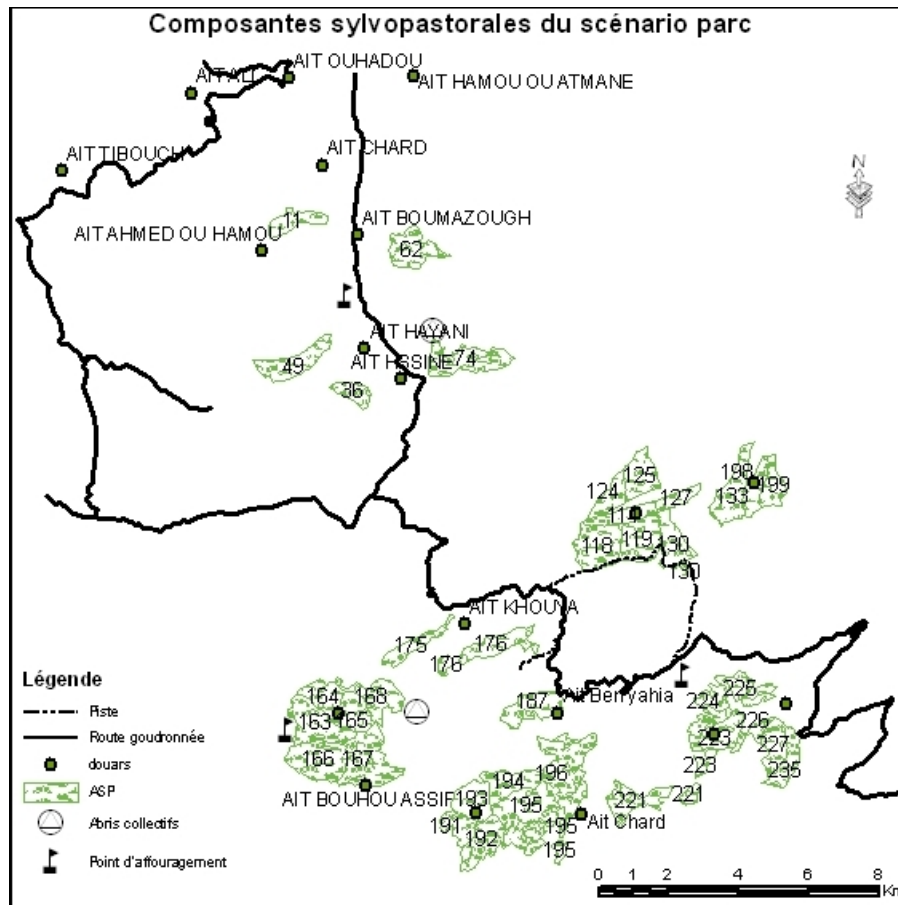


Figure 47. Interventions sylvopastorales envisagées par l'alternative parc naturel

Aménagements récréatifs envisagés (Sc. Parc)

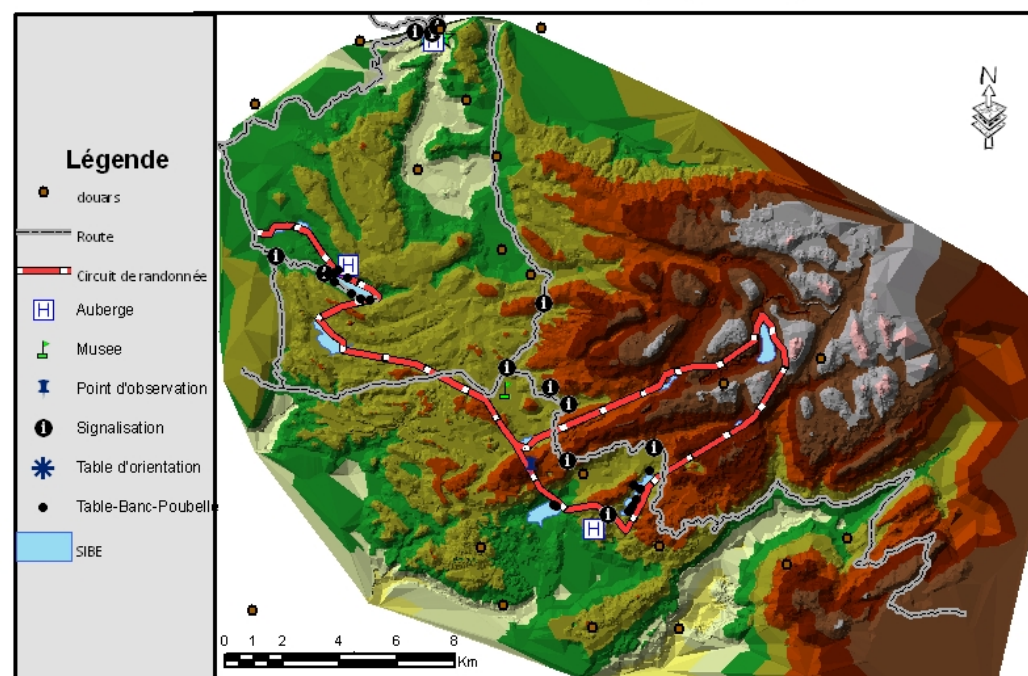


Figure 48. Aménagements récréatifs envisagés par le scénario parc

9.4 ALTERNATIVE ASSOCIEE AU SCENARIO CONTINUE

9.4.1 Introduction

Le scénario continuité reprend les mêmes composantes d'aménagement forestier que celles envisagées actuellement par le plan d'aménagement élaboré par TTOBA (2002).

9.4.2 Cadre spatial

Au vu du contexte et des objectifs arrêtés, quatre séries ont été retenues dans le cadre de l'aménagement d'Ajdir : série de cèdre traitée en futaie régulière, série de cèdre traitée en jardinage extensif, série de chêne vert traitée en taillis simple et série touristique (figure 49).

9.4.3 Caractérisation des peuplements

La série du cèdre traitée en futaie régulière est composée de 152 parcelles. Elle occupe 14 983 ha, soit 61,16% de la superficie totale. Trois faciès différents peuvent être observés : i) une futaie normale à claire reposant sur une roche mère à dominance calcaire, ii) une cédraie de structure régulière par micro-stations avec une régénération naturelle dynamique et iii) une cédraie bien venante dans les cantons de Boucèdre et Ouzrou. La densité moyenne au niveau de la série est de 77 tiges/ha. La régénération du cèdre reste présente avec une moyenne de 29 brins/ha. La surface terrière moyenne s'élève à 12 m²/ha. Le volume moyen sur pied du cèdre est de 175 m³/ha avec un accroissement moyen annuel de 1,9 m³/ha/an. Le sous-étage est formé d'un taillis de chêne vert d'âge et de densité variables.

La série de jardinage extensif est formée de 35 parcelles d'une contenance de 3 623 ha, soit 15% de la superficie de la forêt. Les peuplements sont à l'état de vieille futaie irrégulière. La série est clairière (a une faible densité) dans l'ensemble avec quelques micro-stations plus au moins équilibrées. Au niveau de cette série, la densité moyenne du cèdre est de 14 tiges/ha, la surface terrière moyenne s'élève à 6,18 m²/ha, le volume moyen est de 102 m³/ha avec un accroissement moyen annuel de 0,85 m³/ha/an.

La série du chêne vert s'étend sur une superficie de 4 487 ha, soit 18% de la superficie de la forêt. Les peuplements de chêne vert constituent un taillis d'âge variable : allant de ceux nouvellement recépés jusqu'aux vieux. Ces derniers évoluent par endroit vers une futaie sur souche. Certaines parcelles sont caractérisées par la présence de quelques pieds de cèdre et du chêne

zéen formant des bouquets par micro-stations (bas fond, cuvette et ravins). La densité moyenne des peuplements est de 207 souches/ha, 479 tiges/ha et 411 brins/ha. Le volume moyen est de 34 m³/ha. Les peuplements de cette série ont été traités en taillis simple avec une révolution allant de 60 à 70 ans.

La série écotouristique couvre une superficie de 1 419 ha, soit 6% de la superficie de la forêt. Elle peut être subdivisée en trois blocs : Missatène comprenant les parcelles limitrophes aux sources d'Oum Rebii (1, 2, 3, 4, 5 et 6), Aziza et Tamdouchte comportant les parcelles avoisinantes du lac d'Aguelmam Azegza (24, 25, 26, 44, 45) et le site d'intérêt biologique et écologique Talaghine comprenant les parcelles (232, 233, 234, 235 et 240).

9.4.4 Schéma d'interventions

Le schéma d'intervention proposé comporte des travaux purement forestiers et des actions de développement socio-économique.

9.4.4.1 Interventions sylvicoles

Les interventions sylvicoles dépendent de la série et du groupe. La possibilité est fixée par contenance avec des volumes indicatifs.

La série de cèdre traitée en futaie régulière a été subdivisée en trois groupes : de régénération, de préparation et d'amélioration. Le premier groupe est concerné par deux passages. La régénération est envisageable par ses trois variantes (naturelle, artificielle et assistée). Elle doit être suivie de près pour chaque unité de gestion, voir même par unité homogène à l'intérieure de chaque parcelle. Elle doit être impérativement assurée au terme de l'aménagement. Des consignes pour réussir les travaux de régénération ont été soulignées. Le groupe d'amélioration est concerné par un seul passage en coupe. Ce dernier qualifié de souple et prudent, vise *l'ouverture des peuplements*. Le groupe de préparation est concerné par un seul passage destiné à « *l'éducation de ce type de peuplement par des coupes hygiéniques et coupes d'amélioration, en éliminant les arbres secs, les dominés et les mal venants* » (TTOBA, 2002).

La série de jardinage extensif a été subdivisé en deux groupes : jardinage extensif et attente. Seul le groupe de jardinage extensif est concerné par des coupes sanitaires « *très prudentes* » et qui intéresseront les peuplements tarés et morts sur pied (TTOBA, 2002).

La série de chêne vert a été subdivisée en trois groupes : production, amélioration et protection. Le groupe de production couvre près de 58% de la série. Il est concerné par des coupes à blanc étoc. Le groupe d'amélioration bénéficiera de dépressages visant la sélection des sujets d'avenir et l'amélioration de la strate herbacée pour le parcours.

La série touristique est concernée par la proposition de mise en place d'un itinéraire de promenade. En vue de permettre l'évaluation entre les différents scénarios et d'améliorer l'offre touristique, nous avons proposé d'autres équipements récréatifs (figure 50).

9.4.5 Schéma d'appui et d'organisation des populations locales

Les actions envisagées dans le cadre du schéma de développement socio-économique relèvent de directives. Elles portent sur les droits d'usage et la possibilité de leur encadrement ou organisation, sur la gestion des mises en défens et sur la vulgarisation de certaines pratiques à effet réduit sur les peuplements (élagages du chêne vert ou du cèdre).

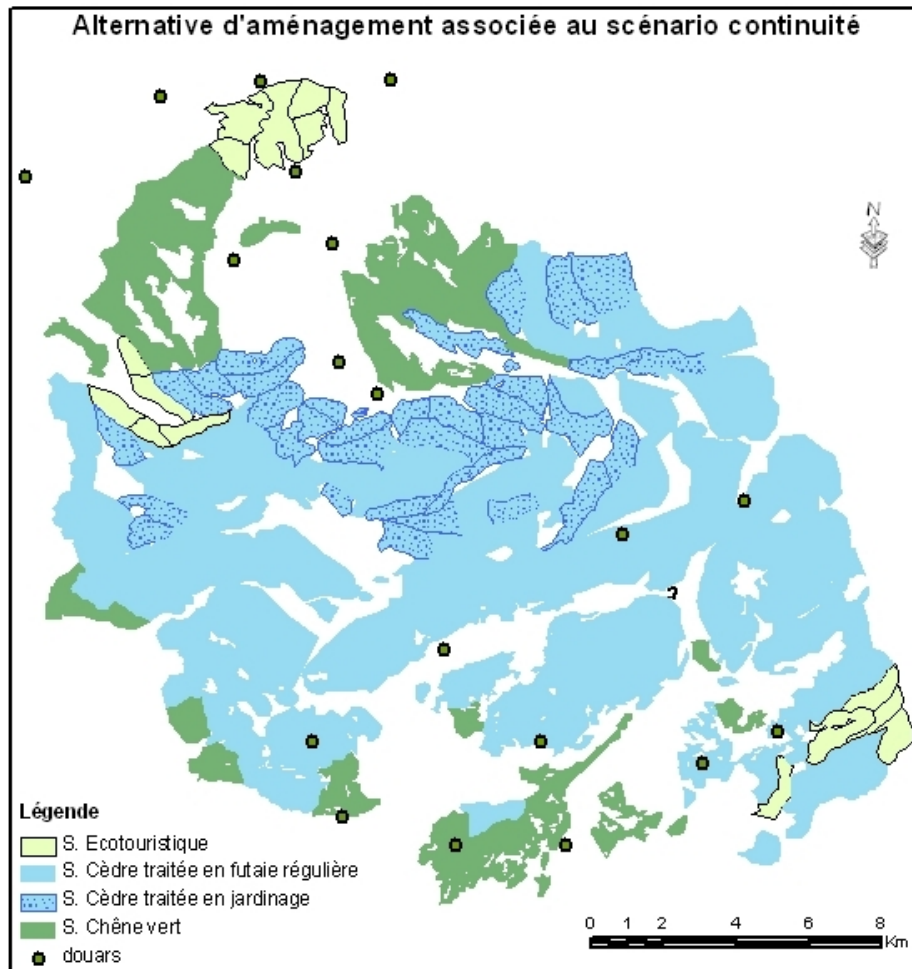


Figure 49. Alternative d'aménagement associée à l'alternative continuité

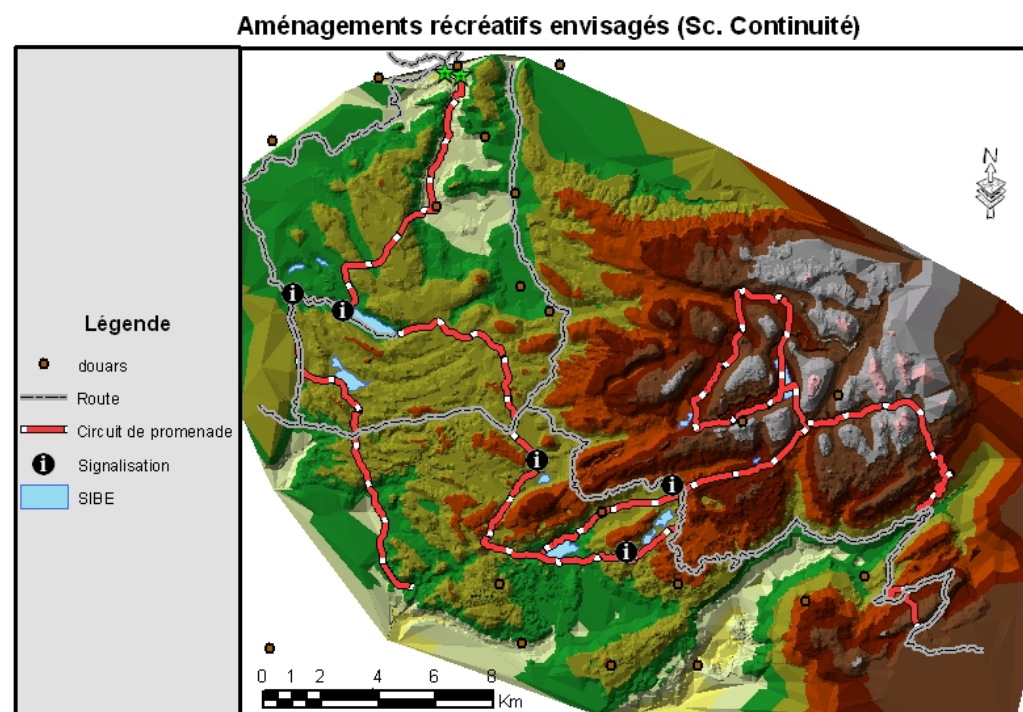


Figure 50. Aménagements récréatifs envisagés par le scénario continuité

9.5 SUIVI DES CHANGEMENTS DE L'ÉVOLUTION DES PEUPLEMENTS

Pour apprécier les différents scénarios et pouvoir juger leurs performances, la connaissance à tout moment de l'évolution et des changements des structures des peuplements s'impose ; ceci suppose le recours à la simulation. Les informations qui en découlent sont enregistrées dans des bases de données alphanumériques et cartographiques et constituent l'information de base servant à l'évaluation des scénarios.

La projection de l'évolution des peuplements a consisté en la procédure décrite au chapitre 4. Elle a été basée sur l'implémentation des modèles de croissance développés par Khatouri (1987) et par Khatouri et Denis (1990) et en tenant en compte des interventions sylvicoles.

Pour le scénario continuité, la simulation de l'évolution des peuplements a consisté en l'application du modèle de croissance retenu en intégrant les décisions tactiques prévues dans le cadre du plan de gestion de l'aménagement en cours tel qu'il est mis en œuvre par le centre de développement forestier de Khénifra.

Pour les scénarios développement intégré et parc, deux stratégies dont la résolution a été basée sur les algorithmes génétiques, ont été adoptées. La première recherche une structure objectif et la seconde se base sur une recherche aléatoire.

On présentera dans ce qui suit les bases de données, puis les stratégies de résolution envisagées : i) basée sur des structures objectif, ii) utilisant une recherche aléatoire ainsi que iii) celle adoptée pour le scénario continuité. On analysera enfin les résultats obtenus.

9.5.1 Bases de données développées

Dans une perspective d'automatisation des différents traitements, plusieurs bases de données aussi bien alphanumériques que cartographiques ont été implémentées (sous : SQLite 3.4, Postgresql et Ms Access). L'annexe 4 présente des modèles physiques de ces bases de données.

9.5.2 Stratégie de résolution basée sur des structures objectif prédéfinies

Douze itinéraires correspondant à des structures objectif (cf. 9.1.4) ont été identifiés (tableau 58). L'affectation de ces itinéraires aux différentes unités de gestion dépend de leur adéquation aux séries-objectif concernées. La stratégie opérationnelle de résolution s'est basée sur les algorithmes génétiques. La fonction objectif correspond à la minimisation des déviations des carrés des productions moyennes périodiques par rapport à une valeur cible issue des modèles quantitatifs de la PL (Bettinger et al., 2007).

Tableau 58. Itinéraires techniques et leurs adaptabilités aux séries-objectif

Itinéraire	Effectif min	G min (m ² /ha)	Diamètre exploitable	Séries concernées
1	280	8	30	ASP
2	280	8	40	ASP
3	280	10	30	ASP
4	280	10	40	ASP, SPC
5	280	12	30	ASP, SPC
6	280	12	40	ASP, SPC
7	250	15	40	ASP, SPC, CPL, AP
8	250	18	40	IP, SPC, CPL, AP, PRM
9	220	20	40	IP, CPL, AP, PRM
10	220	22	40	IP, CPL, AP, PRM
11	220	25	40	IP, CPL, CS
12	Aucune intervention n'est envisagée			Toutes

Avec ASP, SPC, CPL, AP, IP, CS, CPL : différentes séries objectifs telles qu'elles ont été définies précédemment.

9.5.3 Stratégie de résolution basée sur une recherche aléatoire

La stratégie basée sur une recherche aléatoire consiste en l'utilisation des algorithmes génétiques pour déterminer à chaque période de l'horizon de planification le niveau de prélèvement par classe de circonférence. La fonction objectif correspond à la quantité de matière ligneuse produite. Une fonction de pénalité a été imposée à cette dernière. Elle est fonction de l'achèvement des objectifs relatifs à la structure des peuplements, aux fluctuations des productions périodiques, à la contrainte légale de mise en défens et aux contraintes d'adjacence. La quantification des valeurs de la fonction de pénalité s'est basée sur l'analyse des coûts d'opportunité associés à chaque objectif et/ou contrainte et issus de la résolution des modèles linéaires.

Concernant les structures des peuplements, trois classes ont été identifiées : les peuplements irréguliers type avec un mélange « équilibré »

de différentes classes d'âges, un mélange déséquilibré avec abondance de petits bois et tout autre déséquilibre (figure 51).

Les résultats obtenus par cette démarche n'ont pas pu être analysés à cause du temps d'exécution nécessaire (rappelons que pour chaque génération, pour chaque parcelle d'un chromosome donné et pour chaque période de l'horizon de planification, l'exécution nécessite la mise en œuvre d'une intégration numérique en utilisant l'algorithme de Runge-Kutta, puis la détermination des paramètres de la distribution de probabilité de Weibull et ensuite le calcul de la structure des peuplements de la parcelle) et de la taille des bases de données contenant les résultats (sous Ms Access, la taille maximale d'une base de données est de 2GB ; elle est dépassée avant même la fin des simulations. Sous un autre SGBD manipulant de grands fichiers : SQLite 3.4, l'exécution des requêtes est très consommatrice en termes de ressources et de temps d'exécution). Parmi les solutions possibles à ce problème figurera une amélioration du code source, une séparation des données en plusieurs fichiers de base de données (tous les chromosomes, meilleurs chromosomes, chromosomes en cours d'analyse). Elles pourront être envisageables ultérieurement.

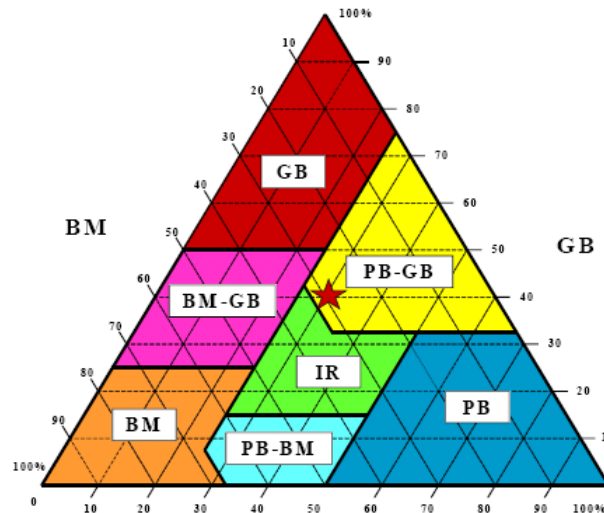


Figure 51. Triangle de structure d'après Herbert et Allegrini (2000)

Avec PB, GB, BM, PB-GB, PB-BM, BM-GB, IR : structures dominées, respectivement, par le nombre de : petits bois, gros bois, bois moyen, mélanges petit bois-gros bois, mélanges petit bois-bois moyens et structure irrégulière type.

9.5.4 Stratégie adoptée pour l'alternative continuité

Les volumes à prélever par unité de gestion sont identifiés par l'aménagement en cours d'application par le CDF de Khénifra. Ces volumes concernent trois périodes de planification (par souci de conformité avec la durée d'application de l'aménagement en cours et d'avoir des données nécessaires à l'évaluation des scénarios). Sur le plan opérationnel, cette stratégie consiste à identifier la structure des peuplements avant et après chaque intervention. Ainsi, les modèles de croissance développés par Khatouri (1987) et par Khatouri et Denis (1990) ont été utilisés pour déterminer les caractéristiques dendrométriques au début de chaque période de planification. La distribution de probabilité de Weibull permet de générer ensuite la structure initiale du peuplement. Enfin, le recours à la programmation linéaire avec comme fonction objectif, la réduction de l'écart entre ce qui est envisagé (volume à exploiter) par l'aménagement actuel et ce qui est possible de prélever pour chaque période compte tenu des caractéristiques des peuplements à chaque période (la priorité est donnée aux diamètres exploitables), permet l'identification de la structure des peuplements après chaque intervention ; le modèle linéaire utilisé pour cela est consigné à l'annexe 3.

9.5.5 Résultats obtenus

Les itinéraires techniques retenus pour chaque unité de gestion à l'issue de la simulation de l'évolution des peuplements et en utilisant les algorithmes génétiques sont repris aux figures 53 et 54 (l'annexe 3 reprend de manière chiffrée ces résultats). Pour le scénario parc, toutes les parcelles faisant partie de la série-objectif de conservation ont été affectées à l'itinéraire 12. L'affectation des autres parcelles dépend de leur adéquation aux séries-objectif tel que cela a été présenté précédemment.

Les moyennes annuelles des productions périodiques restent caractérisées par leurs fluctuations et par une faible production et ce jusqu'à la 5^{ème} période (figure 52). Par la suite, elles montrent une légère tendance à la stabilisation vers la 8^{ème} période pour le scénario développement intégré et vers la 16^{ème} période pour le scénario parc. Ceci signifie que même avec la logique d'accroissement de la production, les résultats obtenus (dans le cas du scénario parc et du scénario développement intégré) tendent à postposer les interventions pour permettre une reconstitution du stock producteur sur pied. Ceci peut être apprécié à travers l'analyse de l'évolution de la structure des peuplements (base de données relative à la structure des peuplements à l'annexe 3 ; l'exemple de la parcelle 20 est illustré à la figure 55).

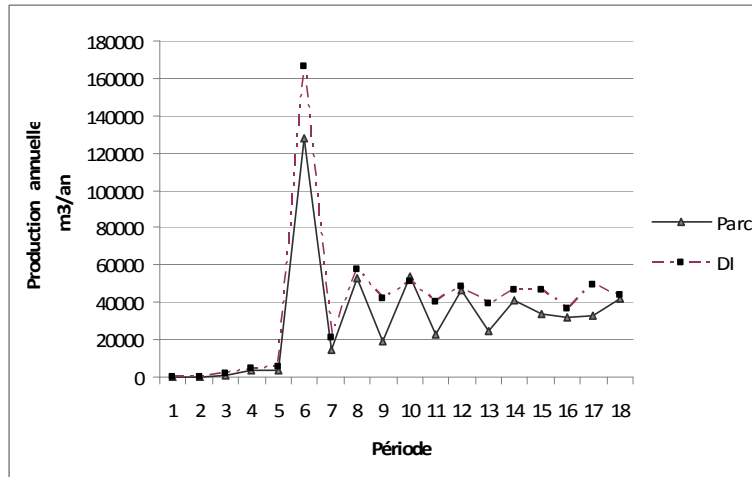


Figure 52. Evolution de la moyenne annuelle des productions périodiques des scénarios parc et développement intégré (en m³/an)

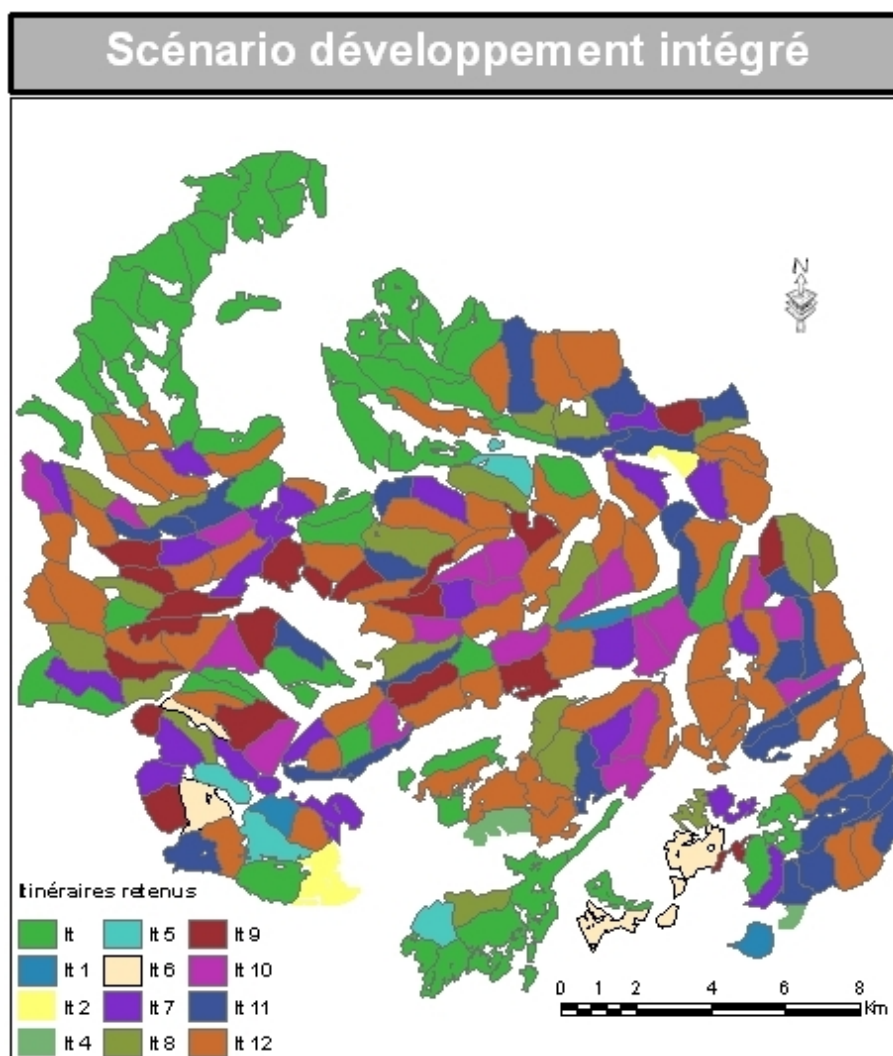


Figure 53. Itinéraires retenus par le scénario développement intégré

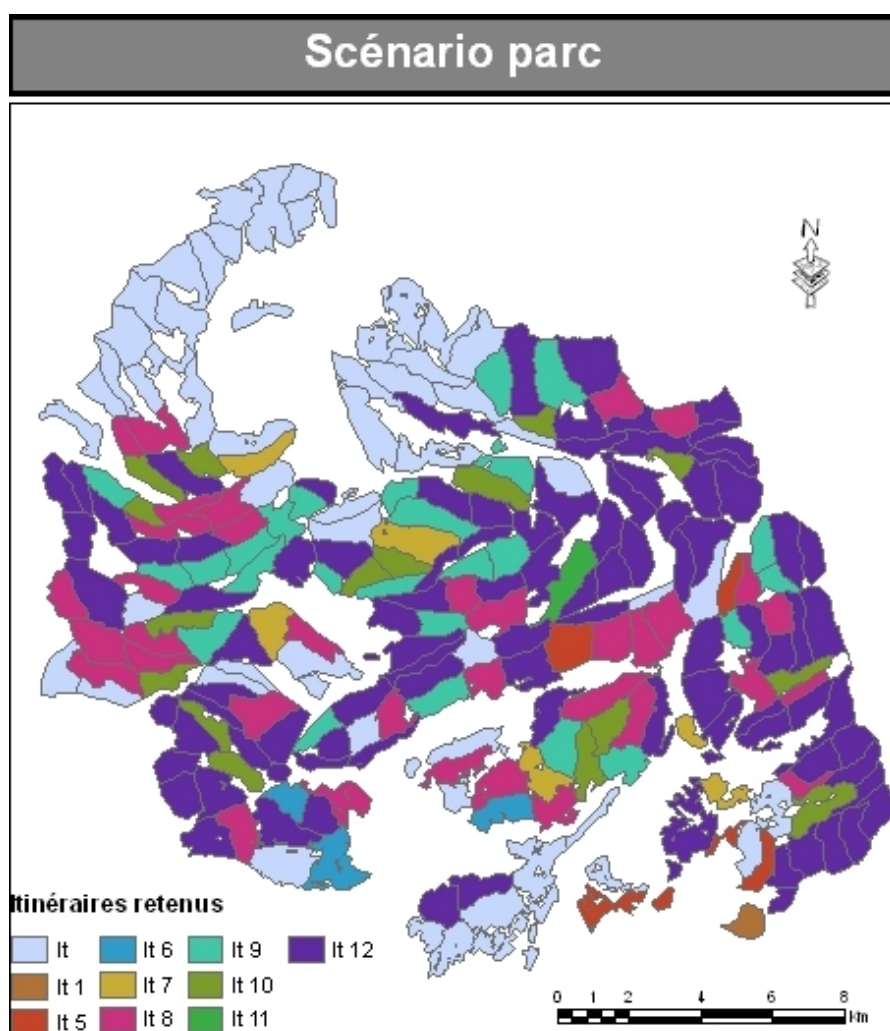


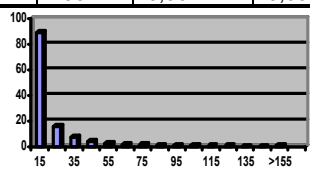
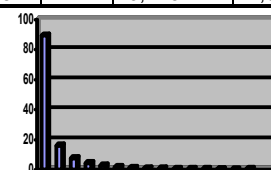
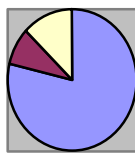
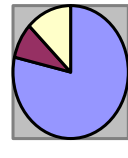
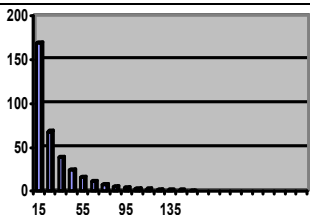
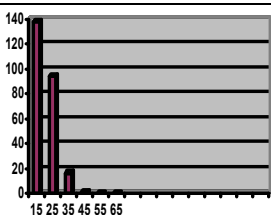
Figure 54. Itinéraires retenus par le scénario parc

En considérant la moyenne de la production et au terme de l'horizon de planification, les résultats obtenus en utilisant la simulation et les algorithmes génétiques, dans le cas du scénario développement intégré, dépassent ceux issus des modèles se basant sur la programmation linéaire. Ils sont inférieurs à ces derniers dans le cas du scénario parc.

Les valeurs absolues des déviations de la moyenne annuelle des productions périodiques sont, respectivement, de l'ordre de 11% et de 18% par rapport à ceux obtenus par les modèles à zéro contrainte et avec

contrainte de rendement soutenu dans le cas du scénario développement intégré. Pour le scénario parc, elles atteignent respectivement 12% et 7% par rapport à ceux issus des modèles à zéro contrainte et à contrainte de rendement soutenu.

La déviation s'explique d'une part, par l'effet induit par la logique de capitalisation du stock sur pied qui améliore la moyenne de la production et d'autre part, par la faible densité actuelle des peuplements associée au recours aux accroissements moyen annuels pour les modèles linéaires contre l'utilisation d'un autre modèle de croissance qui prend en considération le stock producteur sur pied lors de la simulation de l'évolution des peuplements.

Scénario parc (Itinéraire optimal : 12)					Scénario développement intégré (Itinéraire optimal : 7)			
P. D. W.		N	B	C		N	B	C
	P1	126	0,069	0,548	P1	126	0,069	0,548
	P6	353	0,175	0,768	P6	250	0,113	1,723
	P18	199	0,302	0,692	P18	474	0,113	1,000
St. P1								
	 				 			
St. P6								

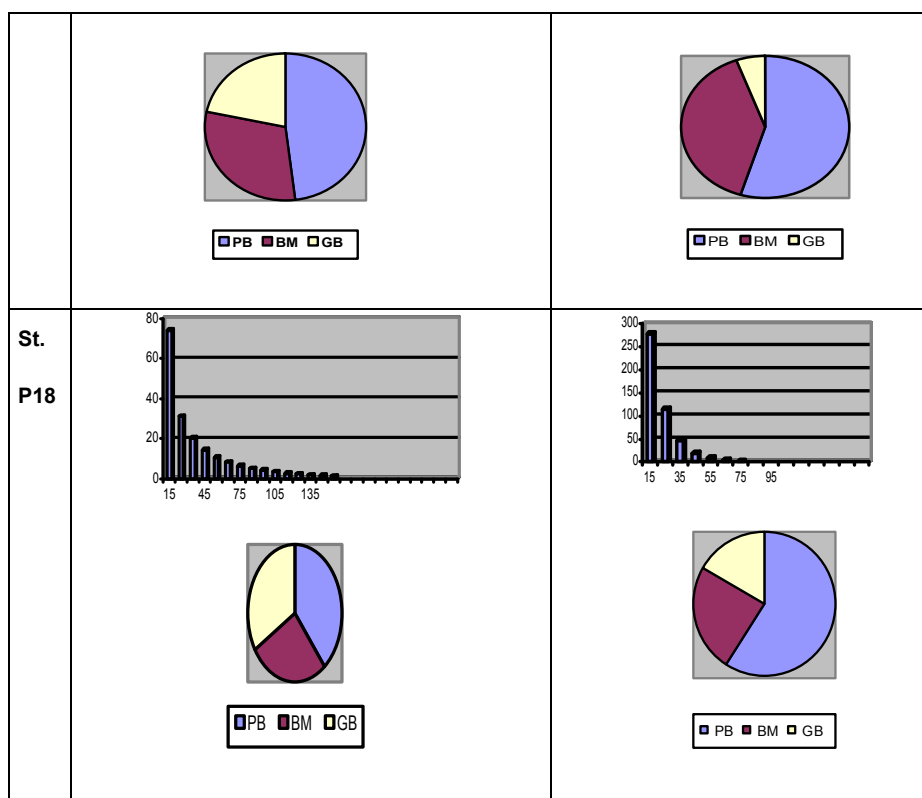


Figure 55. Exemple d'évolution des caractéristiques dendrométriques des peuplements (cas de la parcelle 20)

Avec : *P.D.W* : Paramètres de la distribution de la structure des peuplements (*N* : nombre d'arbres à l'ha, *B* et *C* : paramètres d'échelle et de forme de la loi de distribution de probabilité de Weibull) ; *St.* structure ; *P* 1, 6 et 18 : périodes considérées, respectivement 1, 6 et 18 ; *PB*, *BM* et *GB* : représentent, respectivement, le pourcentage en petits bois, en bois moyens et en gros bois disponibles dans la parcelle.

9.6 CONCLUSION

L'implémentation des scénarios en alternative d'aménagement a consisté en le choix d'un ensemble d'actions fragmentaires visant à répondre aux besoins de la multifonctionnalité.

La détermination des interventions sylvicoles a consisté en le recours aux algorithmes génétiques pour les scénarios parc et développement intégré. Cette logique d'optimisation a été limitée par l'appartenance des unités de gestion aux séries-objectif et par l'adéquation des itinéraires envisageables à ces dernières.

A l'issue de cette phase, une base de données a été constituée. Elle regroupe des informations détaillées portant aussi bien sur les actions envisageables issues des résultats de l'application des algorithmes génétiques et de la simulation de l'évolution des peuplements, leur emplacement spatial, que sur les peuplements des différentes unités de gestion, leurs structures et leurs évolutions à chaque période de l'horizon de planification (pour les scénarios parc et développement intégré). Ces données constituent la matière de base pour l'évaluation des différents scénarios et pour le choix du meilleur d'entre eux ; ceci constituera l'objet du prochain chapitre.

10. EVALUATION DES SCÉNARIOS

Après l'identification des différentes composantes des scénarios et la simulation de l'évolution des peuplements, une base de données est constituée. Elle comporte toutes les informations relatives à l'évolution des peuplements et à l'appréciation des performances des scénarios. Soulignons toutefois que la différenciation entre les scénarios, et éventuellement le choix du meilleur d'entre eux, nécessite l'identification préalable de critères et indicateurs et la réalisation des évaluations ; tel est l'objet du présent chapitre.

Nous présenterons, dans ce qui suit, une définition de critères et indicateurs (C&I) de gestion durable des forêts, pour passer au choix des C&I retenus pour l'évaluation des scénarios. Par la suite, on présentera la méthode multicritère utilisée et on procédera, enfin, à l'évaluation des scénarios et à la discussion des résultats obtenus.

10.1 CRITÈRES ET INDICATEURS D'EVALUATION DES PERFORMANCES DES SCÉNARIOS

10.1.1 Critères et indicateurs d'aménagement et de gestion durable des forêts

Rappelons que l'intégration du paradigme de la durabilité en foresterie s'est basée sur trois approches complémentaires (Mrosek et al., 2006) : la définition de nouvelles politiques forestières, le développement de nouvelles approches pour l'aménagement des forêts (SFM, Ecosystem Management et Eco-Forestry⁷²) et l'évaluation à diverses échelles ; c'est dans cette troisième approche que les C&I trouvent leurs utilisations.

Un critère représente un élément ou une condition permettant d'évaluer la durabilité de l'aménagement (McDonald et Lane, 2004). Chaque critère comprend un ou plusieurs indicateurs susceptibles de le renseigner et de l'évaluer. Un indicateur peut avoir une représentation numérique

⁷² (Fergusson, 1996 ; Khom et Franklin, 1997 ; Drengson et Taylor, 1997 ; Von Gadow, 2000).

(quantitative) ou qualitative (CCFM, 1997) et il est susceptible de renseigner l'état ou les conditions d'un système ou d'un processus en vue d'évaluer sa durabilité (Mendoza et Prabhu, 2003).

L'évaluation, la mesure ou l'estimation des indicateurs doit être basée sur une approche holistique. D'une part, l'écosystème doit être appréhendé comme un système composé d'une multitude d'éléments. D'autre part, la vision systémique met en évidence des processus structurés inhérents au système dans son ensemble, avec les différentes relations qui existent entre ses composants (Bell et Morse, 1999 *in* Mendoza et Prabhu, 2003). L'évaluation doit accompagner le processus d'aménagement et de gestion forestière dès l'établissement des plans de gestion en passant par leur exécution, le suivi-monitoring jusqu'à leur révision (Kijazi et Kant, 2003).

La définition des critères et indicateurs est le fruit de trois principaux processus : le processus de Montréal pour les forêts tempérées et boréales, le processus d'Helsinki (suivi par celui de Lisbonne en 1998 et de Vienne en 2003) pour les forêts tempérées et le processus de l'International Tropical Timber Organisation (ITTO) pour les forêts tropicales (Kijazi et Kant, 2003 ; Prabhu et Mendoza, 2003 ; McDonald et Lane, 2004). Plusieurs régions ont également défini ceux qui leur sont propres (critères et indicateurs du nord de l'Afrique et Moyen Orient). Dans cette même optique, le Maroc avait défini ses propres critères (El Idrissi, 1997 ; Mounir, 2002).

Malgré la reconnaissance mondiale de la place des critères et indicateurs, il n'en reste pas moins que leur implémentation pratique pose des problèmes méthodologiques (Mendoza et Dalton, 2005). Ces problèmes portent aussi bien sur le concept même (McDonald et Lane, 2004), sur l'intégration de composantes sociales (Sherry et al., 2005 ; Karjala et al., 2004b ; Karjala et Dewhurst, 2003), sur les aspects relatifs à leur utilisation à une échelle régionale ou locale (Mrosek et al., 2006), que sur les approches de modélisation à mettre en œuvre (Brang et al., 2002). Au Maroc, ils ne sont actuellement pas intégrés dans l'aménagement et la gestion des forêts.

10.1.2 Critères d'évaluation des performances au sens des méthodes multicritères d'aide à la décision

Rappelons que les critères et indicateurs doivent être *fiables*, *utiles* et constituer une *famille cohérente*. Ceci suppose qu'ils remplissent les trois conditions suivantes (Maystre et Bollinger, 1999) :

- Exhaustivité : il s'impose de les intégrer tous et de n'en oublier aucun d'entre eux.

- Cohérence : il doit y avoir une certaine cohérence entre les préférences locales de chaque critère et les préférences globales pour tous les critères.
- Indépendance : il faut éviter une redondance des critères sous peine de peser sur leur poids réel. Leur nombre doit être tel que la suppression d'un critère ne permet plus de remplir les conditions précédentes (Maystre et al., 1994).

Lorsque l'indicateur n'est pas mesurable ou quantifiable, il y a lieu de recourir à une variable susceptible de renseigner ou de quantifier une situation ou une tendance du critère en question (Tille, 2000). Pour assurer la fiabilité des évaluations, les données utilisées doivent répondre à certaines exigences relatives : à leur précision et exactitude, à leur cohérence par rapport aux échelles auxquelles elles se rapportent, aux méthodes utilisées pour leur acquisition et leur validation, au type d'échelle retenu dans l'expression des données et enfin à la pertinence des échelles spatio-temporelles considérées lors des évaluations (Duinker, 2000 *in* Bousson, 2003).

10.1.2.1 Intégration des échelles spatiales et temporelles

Les différentes échelles sont intégrées dans l'évaluation et sont renseignées dans les bases de données respectives (cartographique pour la composante spatiale et alphanumérique ou descriptive pour la composante temporelle).

Les différentes décisions de l'aménagement des forêts peuvent porter sur les différents niveaux hiérarchiques correspondant à autant de niveaux spatiaux. Ainsi, la zone d'étude est soumise au centre de développement forestier de Khénifra et aux différents triages qui assurent sa gestion. Les limites spatiales qui se rapportent à l'organisation de la gestion forestière peuvent ne pas coïncider avec celles de l'organisation administrative : les limites des communes ou de l'organisation socio-territoriale. Cependant, la concordance entre les différentes décisions doit être assurée. Ainsi, le niveau unité de gestion et le niveau terroir s'avèrent les plus appropriés pour conduire l'évaluation. Ce dernier peut s'avérer non pertinent pour certains objectifs et plus particulièrement : cynégétiques, récréatifs voir même de biodiversité et de protection.

La même réflexion peut être conduite pour l'échelle temporelle. En effet, si la mise en œuvre de l'aménagement doit porter sur une échelle relativement courte, son implémentation doit néanmoins assurer la durabilité à long terme. Les évaluations portant sur une période bien déterminée de l'horizon de planification, doivent donner une idée de la convergence éventuelle des alternatives évaluées avec l'état recherché à long terme.

10.1.3 Critères d'évaluation retenus

L'identification des critères et indicateurs se base sur des familles en fonction des finalités ou des objectifs recherchés. Dans le cadre de l'aménagement et de la gestion multifonctionnels des forêts, trois familles d'objectifs sont souvent retenues : environnementales, sociales, et économiques.

10.1.3.1 Les critères relatifs à la production ligneuse

La production ligneuse concourt à la réalisation d'objectifs économiques et sociaux. L'exploitation assure aux riverains des offres d'emploi et ses recettes sont versées aux caisses communales.

En matière de production ligneuse, les préoccupations recherchées portent sur la production soutenue aussi bien en termes quantitatif que qualitatif. Les critères qui peuvent être considérés, se rapportent à la quantité de matière ligneuse produite, à sa qualité, à sa soutenabilité et à sa régularité.

10.1.3.1.1 Les indicateurs relatifs à la quantité de matière ligneuse produite

La production ligneuse peut être appréciée par deux indicateurs. Le premier correspond au volume exploité au terme de l'horizon de planification ou à sa moyenne périodique. Le second se rapporte à la productivité potentielle. Dans la mesure où des contraintes relatives à la structure des peuplements sur pied sont envisageables, on ne retiendra dans notre analyse que le premier indicateur (il sera désigné : *ind. volume de bois produit*).

10.1.3.1.2 Les indicateurs relatifs à la régularité et à la pérennité de la production

La production ligneuse peut être accompagnée par de grandes fluctuations périodiques, d'où la nécessité de prendre en considération sa régularité et sa soutenabilité.

Ind. Soutenabilité de la production

La soutenabilité de la production est évaluée par la pente (a) et le coefficient de détermination (R^2) de la régression des volumes produits périodiquement. Pratiquement, la droite de la régression du rapport de la production périodique sur la production moyenne est établie (sous la forme $y=ax+b$) et ses deux paramètres : R^2 et a sont agrégés en un indice unique : IS , exprimé sur une échelle allant de 0 à 5 sous la forme suivante :

$$IS=5x[(1-a)R^2]$$

Avec : a : la pente de la régression (traduit la régularité). R^2 : le coefficient de détermination de la régression (traduit la force de la relation).

Ind. Régularité de la production

La régularité peut se rapporter à la recherche d'un équilibre de structure, de volumes ou de surfaces à exploiter. L'indice d'équi-répartition des catégories de circonférence a été retenu (Buongiorno, 2001 ; Buongiorno et Gilles, 2004), il prend la forme suivante.

$$R = \frac{\sum_{i=1}^e c_i \times R_i}{\sum_{i=1}^e c_i} \quad \text{Avec} \quad R_i = - \frac{\sum_{k=1}^{ess} \sum_{j=1}^{n_k} p_{jki} \times \ln p_{jki}}{ess}$$

R constitue la valeur de l'indice qu'on cherche à maximiser ; R_i : valeur d'équi-répartition à la période i de l'horizon de planification ; e : nombre de périodes dans l'HP ; c_i : coefficient de pondération attribué à la valeur d'équi-répartition à la période i ; ess : le nombre de groupes d'espèces utilisés ; n_k : le nombre de catégories de circonférences considérées dans le groupe ; p_{jki} : la proportion d'effectifs ou de surface occupés par la catégorie de circonférence j du groupe d'essence k ;

Le coefficient de pondération c_i doit accorder un poids plus important aux périodes se rapprochant de la fin de l'horizon de planification. Ceci est de nature à favoriser les peuplements dont la valeur de l'indice s'améliore vers la fin de l'horizon de planification. Dans notre mise en œuvre et vu que les trois scénarios ne sont pas définis sur les mêmes échelles temporelles (le scénario continuité est défini sur trois périodes), un même poids a été retenu pour toutes les périodes de l'horizon de planification.

On peut également songer, en présence d'une structure cible, à un coefficient d'écart de la structure actuelle par rapport à la structure cible. Ceci sous-entend une gestion intensive centrée sur l'arbre individuel et une structure objectif clairement établie.

10.1.3.1.3 Les indicateurs relatifs à la diversité et à la qualité de la production

Différentes qualités et produits peuvent être recherchés : bois d'ébénisterie, d'œuvre, de menuiserie, de tranchage, de déroulage et de feu. Ils sont liés

aux choix sylvicoles. Par conséquent, ils ne sont pas intégrés dans l'évaluation.

Bousson (2003) a opté pour la diversité spécifique de la production en termes d'écart des surfaces occupées par rapport aux surfaces objectif et du respect du terme d'exploitabilité théorique (écart de l'âge d'exploitation effectif au terme théorique d'exploitabilité).

Les prélèvements dans le cadre des droits d'usage et de délit ainsi que leurs évolutions sont difficiles à apprécier. Ils ne sont pas intégrés dans l'évaluation.

10.1.3.2 Les critères économique-financiers

Le bilan économique et financier, le bénéfice net actualisé et le taux de rentabilité interne constituent des indicateurs économiques et financiers. Dans notre analyse, ils ne seront pas intégrés. En effet, ils interviennent dans les critères relatifs à la production ligneuse. De même, la longueur de l'horizon de planification et l'absence de modèles relatifs à l'évolution du prix du bois, à l'inflation et aux différentes qualités produites sont en faveur d'un raisonnement en termes de volume de bois produit plus que de prix.

10.1.3.3 Les critères socio-économiques

Les indicateurs susceptibles d'apprécier la composante socio-économique portent sur : les revenus générés au profit des populations locales (appréciés par les offres d'emplois), les investissements prévus dans la forêt, l'impact du scénario sur les pratiques traditionnelles et le degré d'intégration des riverains dans le processus décisionnel.

Les revenus des communes dépendent des volumes de bois vendus. Ils sont intimement liés à la production ligneuse. Pour ne pas tenir compte doublement de cet indicateur et peser sur son poids réel, seule la production ligneuse est considérée.

10.1.3.3.1 Indicateurs relatifs aux revenus générés au profit des populations locales

Les revenus des populations locales sont composés de recettes générées par le pastoralisme, les activités écotouristiques et les travaux forestiers.

Deux préoccupations se posent pour les activités écotouristiques. La première est relative au partage des revenus entre les différents riverains.

La seconde concerne l'appréciation de l'évolution des recettes dans le temps. On supposera que les recettes sont proportionnelles à l'intensité de l'activité.

Ind. Emplois générés au profit des populations locales

On estimera le nombre d'HJ générés par les travaux forestiers.

Ind. Stabilité des emplois

La stabilité des emplois peut être appréciée par plusieurs indicateurs. Le plus simple est le coefficient de variation. Davis et al. (2001) ont décrit la résilience sociale. Elle correspond à l'indice de Shannon appliqué aux emplois. On peut ajouter un autre indicateur apprécié par la pente et le coefficient de détermination de la droite de régression des emplois périodiques, calculé de la même manière que l'indicateur de la soutenabilité de la production IS.

Vu la difficulté inhérente à l'estimation des données relatives au travail dans d'autres activités que la foresterie, la résilience de l'emploi ne sera pas considérée. On ne calculera que la stabilité des emplois générés par les travaux forestiers.

Ind. Partage des revenus

Le partage des bénéfices est un indicateur qui renseigne sur les disparités sociales. Il est apprécié en se basant sur un classement des scénarios.

10.1.3.3.2 Indicateurs relatifs à l'élevage

Les revenus de l'élevage dépendent du climat et de la disponibilité du fourrage. En effet, la gestion étant extensive, les riverains ne procèdent pas à la réduction du cheptel pâturent en forêt lors des périodes de mise en défens.

Les éléments qui pèsent sur l'élevage se rapportent à l'étendue et/ou à la quantité des aménagements sylvopastoraux envisagés et à la surface mise en défens.

Ind. Relatifs aux aménagements sylvopastoraux envisagés

Deux indicateurs peuvent être retenus : le nombre des infrastructures envisagées et la superficie spécialement allouée à une amélioration

sylvopastorale. On supposera que les aménagements seront installés au cours de la première période de l'HP, par conséquent une seule évaluation pourra être réalisée.

Ces indicateurs n'ont pas été intégrés dans l'évaluation finale à cause de la difficulté d'apprécier le réalisme de leur faisabilité.

Ind. Relatif aux surfaces mises en défens

Les surfaces à mettre en défens ne doivent pas dépasser 20% de la superficie de la forêt. Cet indicateur sera calculé au début de chaque période et doit, en principe, comporter une composante relative à la distance de la parcelle mise en défens au douar le plus proche. Il sera agrégé pour l'ensemble des fractions et prendra la forme suivante :

$$IMED = \sum_{i,j} 1 / \langle \min(d_{ij}) \rangle$$

d_{ij} : distance de la parcelle i à mettre en défens par rapport au douar j .

10.1.3.3.3 Les indicateurs relatifs aux pratiques et au degré d'intégration des riverains

L'intégration des usagers au processus de décision permet de contribuer à leur appropriation des actions envisagées. L'indicateur qui peut renseigner ce critère est le degré d'acceptabilité du scénario en question par les riverains.

Ind. Acceptabilité

L'évaluation de cet indicateur a consisté en une classification des scénarios. Une autre procédure de notation sur une échelle allant de 1 à 5 pourrait, éventuellement, être établie en vue d'analyser la sensibilité des résultats.

10.1.3.3.4 Les indicateurs relatifs aux investissements prévus en forêt

Les infrastructures prévues peuvent renseigner sur les sources de revenus susceptibles d'être générées. Elles peuvent être comptées si elles ont été préalablement identifiées. Dans notre cas et vu l'absence de toute information relative à leur éventuelle implémentation et qu'elles incombent aux autres administrations, elles ne seront pas évaluées.

10.1.3.4 Les critères environnementaux

Les fonctions écologiques et environnementales restent les plus difficiles à évaluer. Elles se rapportent à la protection des eaux et des sols et à la diversité biologique.

La couverture forestière assure une fixation des sols contre l'effet érosif des agents climatiques. La densité des peuplements, les strates forestières, la fragmentation du massif et le taux moyen de recouvrement sont des éléments qui pourraient apprécier les tendances de ce critère. Les itinéraires sylvicoles envisagés permettent de renseigner leurs changements éventuels (coupes périodiques, déboisements, mises en défens, ...etc.) et par conséquent leurs évaluations.

La diversité biologique comporte plusieurs éléments : la vitalité de la cédraie, le nombre de biotopes différents, la qualité écologique du paysage, l'abondance et la dominance des espèces indicatrices de la dynamique de l'écosystème.

Ind. Surfaces exploitées soumises aux risques

L'identification des surfaces exploitées et soumises à risque peut se baser sur des facteurs topographiques, écologiques et pédologiques.

S'inspirant du modèle universel des pertes en sol (Mitasova et al., 1996), l'indicateur des surfaces exploitées soumises à risque (ISR) tient compte de la pente via sa valeur ponctuelle et sa longueur (Mitasova et al., 1996 ; Mitasova et al., 1997 ; Mitas et Mitasova, 1998). ISR est déterminé par des fonctions SIG en utilisant la formule suivante :

$$ISR_j = \sum_{i,k} \left(\frac{1}{1 + \exp\left(\frac{30 - P_i}{3,5}\right)} \right) \times ls \times E_{j,k} \quad ls = (m + 1) \left[\frac{A_i}{a_0} \right]^m \times \left[\frac{\sin(P_i)}{b_0} \right]^n$$

Avec : ls^{73} : la longueur de la pente, P_i : la pente au niveau du pixel i ; E_j : une variable binaire prenant la valeur 1 si la parcelle j est exploitée au cours de la période k , sinon 0 ; A_i : *Upslope* au point i ; $a_0=22,1$; $b_0=0,09$; m et n

⁷³ La démarche opérationnelle au niveau du SIG consiste à calculer la direction d'écoulement [flowacc] et la pente [slope], puis à appliquer la formule (syntaxe d'ArcGis) : $Pow([flowacc] * resolution / 22.1, 0.6) * Pow(Sin([slope] * 0.01745) / 0.09, 1.3)$; Pow et Sin : représentent sous ArcGis, respectivement, la fonction puissance et le sinus ; resolution : la résolution des cartes.

paramètres (comme il a été souligné par les auteurs, des valeurs de $m=0,6$ et $n=1,3$ donnent de bons résultats).

Ind. Surface réservée à la protection

Cet indicateur correspondra à la part de la forêt dédiée à la protection.

Ind. Diversité des biotopes

La diversité des biotopes a été appréciée par Bousson (2003) en utilisant trois indicateurs : le nombre de biotopes différents, la diversité des biotopes et la valeur intrinsèque des biotopes. Dans notre mise en œuvre, on a opté pour un indicateur unique : DB.

$$DB = \text{Somme} (VB \times (SB/ST))$$

Avec : VB : qualité du biotope (tableau 59); SB : superficie du type du peuplement à la période i et ST : la superficie de la forêt.

Tableau 59. Valeurs des habitats

Formation	Surface terrière en m ² (densité des peuplements)	Altitude			
		<1600	<1800	1800-2000	>2000
Cèdre pur	<8m ²	1	1	1	2
	<15	1	2	2	3
	20	1	3	3	2
	>20	1	2	3	2
Chêne vert	-	3	2	1	1
Mélange	-	2	3	3	2

L'indicateur valeur des biotopes intègre deux composantes : l'état du peuplement (pur ou mélangé et la surface terrière pour les peuplements de cèdre) ainsi que les conditions d'altitude (permettant d'apprécier la série de végétation et le *type de cédraie climacique*).

D'autres préoccupations sont également intégrées de manière indirecte. Il s'agit de la structure des peuplements (indice de Shannon appliqué aux classes de circonférence) utilisée dans l'indicateur relatif à la régularité de la production.

Ind. Charge pastorale

On suppose que l'effectif pâturant en forêt suivra les mêmes tendances actuelles. Par conséquent, la charge pastorale pourra être calculée en divisant l'effectif du cheptel par la surface ouverte au parcours. Ceci est toutefois critiquable. En effet, il ne tient pas compte des dynamiques

sociales, des conditions climatiques et des interventions sylvopastorales envisageables. Par conséquent, cet indicateur n'a pas été intégré dans l'évaluation. Une réflexion portant sur la meilleure manière de le considérer devra être approfondie.

10.1.3.5 Critères écotouristiques

L'activité écotouristique peut être appréciée aussi bien par l'offre que par la demande. Les attentes du public et le degré de leur satisfaction sont susceptibles d'apprécier la qualité récréative du site. Toutefois, l'absence de modèles quantitatifs permettant de les estimer, rend le processus d'évaluation difficile. C'est ainsi que le recours aux *critères d'action* s'impose (Bousson, 2003). Ces derniers portent sur la quantité d'aménagement (équipements) récréatifs disponibles et sur la diversité des paysages forestiers accessibles. Cette approche d'évaluation suppose que le degré de satisfaction du public croît avec l'intensité des équipements installés. Ceci ne peut être que vrai dans le contexte marocain caractérisé par le sous-équipement des massifs forestiers en la matière.

10.1.3.5.1 Les indicateurs relatifs à la quantité d'infrastructures récréatives

Les aménagements récréatifs peuvent porter sur l'installation d'éléments ponctuels qui peuvent être évalués par le nombre, d'éléments linéaires (sentiers ou itinéraires de promenades) appréciables par leurs longueurs, comme ils peuvent se rapporter à des éléments surfaciques pouvant être évalués par leur contenance. En supposant que les différents éléments seront installés au début de l'aménagement et ne seront donc pas modifiés au cours du temps, une seule évaluation sera réalisée. Les indicateurs retenus sont : le nombre d'équipement ponctuel, le nombre de km de sentiers et la surface dédiée.

Ind. Le nombre d'équipement récréatif ponctuel installé

Le nombre d'installations est établi pour chaque scénario : bancs, panneaux, tables...etc.

Ind. Longueur des tronçons de promenade

Le nombre de tronçons de promenade (de 1Km de longueur) a été déterminé.

Ind. Surface dédiée

Dans les cas caractérisés par l'identification d'une série-objectif d'accueil de public, la contenance de cette dernière peut renseigner cet indicateur.

10.1.3.5.2 Les indicateurs relatifs à la diversité de paysages forestiers accessibles

L'échelle de réflexion conditionne l'évaluation de cet indicateur. L'échelle paysage peut faire valoir différentes successions de peuplement. A une échelle locale, les préoccupations à intégrer se rapportent aux éléments remarquables présents, à leur accessibilité et à la beauté des peuplements aux abords des itinéraires et des voies de desserte.

Ind. Diversité des peuplements traversés par le réseau de promenade

Cet indicateur sera traduit par l'indice de Shannon appliqué à la diversité des peuplements traversés (Bousson, 2003). On retiendra les types visuels suivants : cédraie bien venante (degré de changement 0), vieille cédraie (peuplement avec degré de changement 1 et 2 ; cf. 6.4), peuplements mélangés, chêne vert pur, reboisements, et enclaves et vides.

Le calcul de cet indicateur consiste en la détermination, pour chaque parcelle, de la part attenante à l'itinéraire en question. Par la suite, la mise à jour de la typologie des peuplements au début de chaque période permet de recalculer sa valeur.

Ind. Proportions d'éléments remarquables aux abords des itinéraires

Les éléments remarquables du point de vue paysager ont été identifiés et cartographiés. On cherchera à minimiser leur distance par rapport aux itinéraires et voies de desserte.

$$Pr = \sum_i \frac{1}{\min(d_i)}$$

Avec : Pr : la proportion d'éléments remarquables aux abords des itinéraires ; min(di) : la distance minimale séparant l'élément i de l'itinéraire objet de l'évaluation.

10.1.3.6 Critères cynégétiques

Les activités cynégétiques assurent aux populations locales des ressources complémentaires (revenus issus de l'organisation des battues, rémunération de services rendus aux chasseurs). Il est cependant difficile de suivre avec exactitude l'évolution des paramètres relatifs à la faune (pyramide des âges, sex-ratio...). Une caractérisation des conditions du milieu reste plus aisée.

Dans notre démarche seule la composante relative au milieu peut être considérée et plus particulièrement, la qualité de l'habitat pour le gibier. Cet indicateur peut être décomposé en trois éléments : le couvert, la quiétude et les ressources en nourriture (Davis et al., 2001).

La mise en place d'infrastructures adaptées (points d'affouragement pour gibier, points d'eau, ...etc.) peut également être analysée. Cependant, ces infrastructures associées à un repeuplement et à un plan de tir, font partie des mesures envisageables par les amodiateurs et pourront constituer des critères de choix entre futurs amodiateurs.

Ind. qualité de l'habitat pour le gibier

L'indice de qualité de l'habitat pour le gibier peut s'écrire sous la forme suivante : $IQ=Q+RN+CV$

Avec Q : Quiétude, elle est inversement proportionnelle à la distance aux douars et aux voies de desserte ; RN : ressources nutritives, seules les ressources hydriques seront considérées ; CV : couvert, on prendra en considération l'ouverture de peuplements au début de chaque période.

Des questions portant sur une éventuelle compétition entre le cheptel et le gibier sur les ressources fourragères pourront être posées à long terme ; ceci nécessitera un suivi rigoureux des effectifs du gibier. Au vu des problèmes de surpâturage posés actuellement et des questions relatives à la pertinence de l'intégration des activités cynégétiques dans le scénario parc, l'indicateur qualité de l'habitat pour le gibier ne sera pas considéré lors de l'évaluation finale.

10.1.3.7 Critères politiques

L'indicateur degré de concordance avec le PFN est renseigné sur une échelle allant de 1 à 3. Le principe d'estimation est basé sur la comparaison du rang et de l'importance des fonctions arrêtées par chaque scénario avec celles soulignées par le PFN et du classement des scénarios.

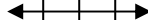
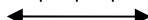
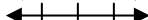
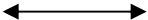
10.1.4 Synthèse des critères retenus

L'identification des critères et indicateurs s'est basée sur leur choix en partant de familles correspondant aux préoccupations des différents objectifs de l'aménagement et de la gestion forestière. Lors de ces choix, le souci d'avoir des indicateurs exhaustifs, appréciables à l'issue des simulations et constituant une famille cohérente a été recherché. De même

que les différentes discussions eues avec gestionnaires et chercheurs ont permis d'affiner les choix initiaux et de leur donner une certaine légitimité.

Les critères et indicateurs retenus dans l'évaluation sont synthétisés au tableau 60. Ils pourront être agrégés pour constituer des macro-critères ou des macro-indicateurs. Ceci permettra de réduire leur double emploi et de travailler lors de l'agrégation finale avec un nombre restreint. Cette mise en œuvre est qualifiée par certains auteurs d'agrégation locale.

Tableau 60. Synthèse des critères et indicateurs d'évaluation retenus

Critère	Indicateur	Expression	Unité	E. spatiale	E. temporelle	Sens
Matière ligneuse	• Volume total du bois prélevé • Soutenabilité de la production • Régularité de la production	$\sum V_{pi}$ $5(1-a)R^2$ $\frac{\sum C_i \times R_i}{\sum C_i}$	m³ 0 à 5 V	Périmètre	  	Max Max Max
Environnementaux	• Surfaces exploitées soumises à risques • Pourcentage de la surface aménagée pour la protection • Diversité des biotopes	$\sum_{i,j,k} \left(\frac{1}{1 + \exp\left(\frac{30-P_i}{3,5}\right)} \right) \times I_s \times$ Sp/St DB=VBx(SB/ST)	V % V	Périmètre	  	Min Max Max
Ecotourisme	• Nbre d'équipements installés • Tronçons de promenades • Diversité des peuplements traversés par les itinéraires • Proportions d'éléments remarquables aux abords des itinéraires	- - $\sum -p_j \ln(p_j)$ $\sum \frac{1}{\min(d_i)}$	v Km v v	Périmètre	   	Max Max Max Max
Socio-économique	• Emplois générés • Stabilité des emplois • Surface mise en défens • Acceptabilité sociale • Partage des revenus	- $5(1-a)r^2$ $\sum \frac{1}{d_{ij}}$ -	HJ 0-5 nbre 1-5 1-3	Périmètre	   	Max Max Min Max Max
Cynégétiques	• Superficie réservée • Qualité des habitats	Q+RN+CV	ha Nbre	Périmètre	 	Max Max
Politique	• Degré de concordance avec PFN		0-5	Périmètre		Max

V. valeur, E. : Echelle ;  : indicateur mesurable une seule fois,  : indicateur mesurable à l'issue de chaque période.

10.2 METHODE MULTICRITERE UTILISEE

10.2.1 Justifications

Rappelons que de toute évidence, la problématique de décision afférente au choix du meilleur scénario stratégique s'apparente à une problématique de rangement (classement des scénarios en les jugeant par rapport à des critères quantitatifs et qualitatifs). Dans ce cas, la procédure d'agrégation la plus appropriée est l'agrégation partielle (chapitre 3).

En aménagement des forêts, le recours à l'agrégation partielle peut être motivé par plusieurs éléments. La non compensation entre les diverses fonctions de la forêt est un aspect fondamental. S'insérant dans une perspective de développement durable, les dimensions économiques, écologiques et éthiques ne peuvent être sacrifiées les unes au détriment des autres (Oberti et Oberti, 2001). La finalité de l'aménagement devient la recherche d'un compromis acceptable. Il en va de même pour l'intégration des postulats d'incomparabilité et d'intransitivité des jugements qui permettent une meilleure prise en compte de la complexité des études d'impact sur l'environnement (Simos, 1990). Les représentations ordinales ou cardinales des critères et indicateurs retenus ne sont pas prises en compte de manière aussi transparente par les autres classes de méthode d'aide à la décision.

L'intégration des méthodes d'agrégation partielle permet de répondre aux préoccupations précédentes et pourrait garantir une éventuelle opérationnalisation des critères et indicateurs de gestion durable des forêts. Ces méthodes restent ouvertes à une multiplicité d'acteurs. Le choix s'est porté sur la méthode Electre III. Elle permet en effet de traiter aussi bien des critères quantitatifs que qualitatifs d'une part et, d'autre part, elle peut faire appel à des critères flous. Ceci la rend apte à gérer l'incertitude⁷⁴ relative aux connaissances limitées ou parfois imprécises sur les écosystèmes forestiers. Par rapport aux autres méthodes de la famille Electre, elle permet de générer des informations plus nuancées s'approchant de la complexité de la réalité et, par conséquent, des conclusions bien fondées et des résultats plus nets (Maystre et al., 1994).

⁷⁴ Pukkala (1998) a attribué la différence entre le risque de l'incertitude par la présence d'une distribution de probabilité pour le premier et par son absence pour le second.

10.2.2 Notions de base

10.2.2.1 Relations de surclassement

Electre III se base sur la comparaison, pour chaque critère, de l'ensemble des paires ordonnées de scénarios (alternatives ou variante) possibles. Ainsi, un scénario S_i surclasse un scénario S_k s'il est « *au moins aussi bon que S_k relativement à une majorité de critères, sans être trop nettement plus mauvais que S_k relativement aux autres critères* » (Schärlig, 1985). Ceci est basé sur l'utilisation de la notion de concordance : y a-t-il suffisamment d'arguments pour admettre cette hypothèse? et celle de discordance : y a-t-il une raison importante pour refuser cette hypothèse ? (Tille, 2000).

10.2.2.2 Critères et seuils

Les critères peuvent être francs ou flous (Maystre et al., 1994). A ces deux types de critères correspondent des seuils permettant d'accorder la force à la procédure de surclassement.

Dans le contexte d'un critère franc, la comparaison de deux scénarios aboutit à deux situations, soit à une préférence ou à une indifférence. Une situation de préférence est rencontrée à partir du moment où il y a une moindre différence entre les performances des deux scénarios par rapport au critère. Le décideur peut arrêter un seuil de veto pour un critère donné. Ainsi, si la différence des performances des deux scénarios par rapport au critère concerné dépasse le seuil de veto, l'hypothèse de surclassement est rejetée quelles que soient les comparaisons réalisées par rapport aux autres critères. La mise en œuvre de ce seuil permet de palier une éventuelle compensation entre les différents critères.

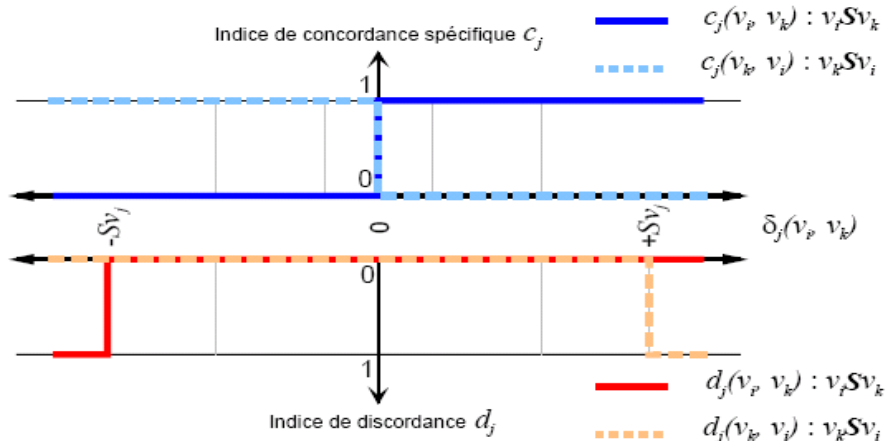


Figure 56. Indices de concordance et de discordance dans le cas de critères francs d'après Tille (2000)

Avec : S_v : seuil de veto, $v_i S_{v_k}$: scénario v_i surclasse le scénario v_k , $v_i S_{v_k}$: scénario v_i surclasse le scénario v_k , $c_j(v_i, v_k)$ et $d_j(v_i, v_k)$: représentent, respectivement, la concordance et la discordance de la relation de surclassement $v_i S_{v_k}$.

Les critères flous, encore appelés critères à seuils ou pseudo-critères, intègrent une transition progressive entre l'indifférence et la préférence. Ils utilisent deux seuils supplémentaires pour chaque critère : seuil de préférence et seuil d'indifférence. Le premier constitue le seuil à partir duquel la différence entre les deux scénarios permet de préférer l'un à l'autre. Le second correspond à la plus petite différence au-dessous de laquelle, il est impossible de départager les scénarios. Par définition, le seuil de veto est supérieur ou égal au seuil de préférence qui lui-même est supérieur ou égal au seuil d'indifférence (figure 57).

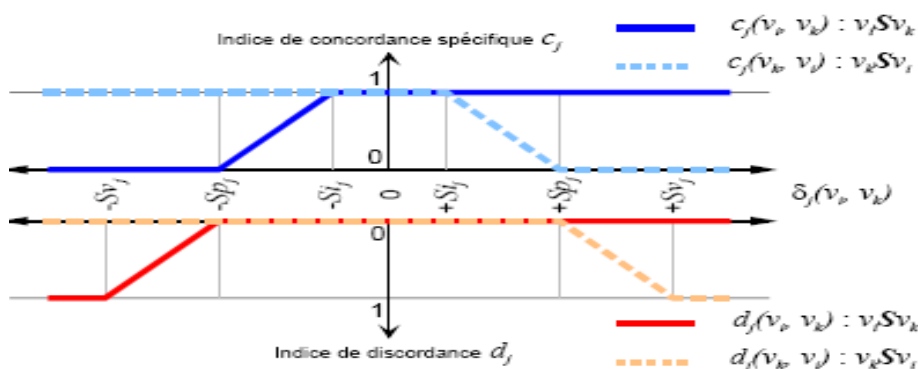


Figure 57. Indices de concordance et de discordance spécifiques dans le cas de critères flous d'après Tille (2000)

Avec : S_v : seuil de veto, S_p : seuil de préférence ; S_i : seuil d'indifférence, $v_i S_{v_k}$: scénario v_i surclasse le scénario v_k , $c_j(v_i, v_k)$ et $d_j(v_i, v_k)$: représentent, respectivement, la concordance et la discordance de la relation de surclassement $v_i S_{v_k}$.

Cette présentation correspond à une situation avec des critères à maximiser. Dans un contexte de minimisation, il suffirait de multiplier les performances des scénarios par -1. Le reste de la démarche reste inchangé.

10.2.2.3 Les poids

Les poids constituent des paramètres inter-critères permettant l'appréciation de l'importance relative de chacun d'eux. Leur mise en œuvre peut traduire les préférences des acteurs et constitue une démarche pour les intégrer au

processus décisionnel (Mousseau, 1993). La multiplicité des acteurs pourrait faire valoir la comparaison de plusieurs jeux de poids et éventuellement plusieurs analyses. Ceci peut être également apprécié par l'étude de sensibilité. Ainsi, l'attribution de poids différents peut viser, entre autres, la conciliation de la multifonctionnalité aux intérêts des différents acteurs.

10.2.3 Démarche d'utilisation

Dans ce qui suit, on présentera de manière synthétique la démarche utilisée pour la construction des relations de surclassement selon la méthode choisie : Electre III (figure 58).

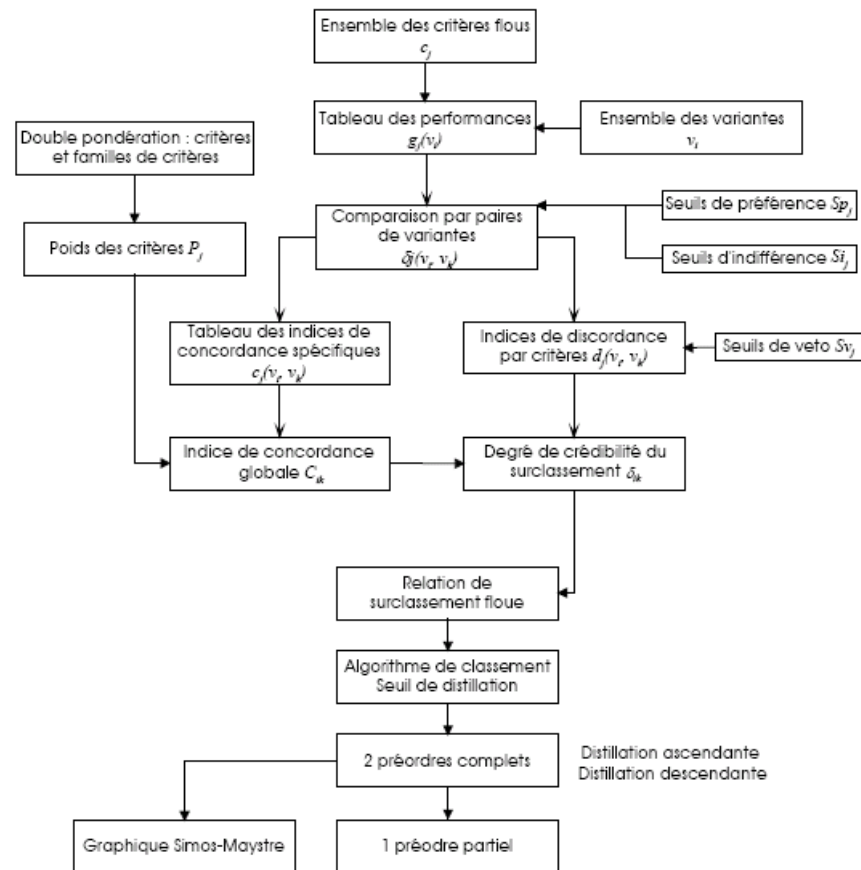


Figure 58. Démarche opérationnelle de la méthode Electre III d'après Tille (2000)

10.2.3.1 Etape 1. : Evaluation des performances

Chaque alternative est notée relativement à chaque critère selon une échelle propre à ce dernier. Les résultats de cette étape vont donner lieu au tableau d'évaluation (ou tableau des performances ou encore matrice des jugements). Les alternatives feront l'objet par la suite de calcul de la concordance $c_j(v_i ; v_k)$ et de la discordance $d_j(v_i, v_k)$ comme à la figure 57.

10.2.3.2 Etape 2. Indices de concordances

Après la mise en œuvre du tableau des performances on procède à la détermination d'un indice de concordance global C_{ik} de l'hypothèse de surclassement de l'alternative v_i par la l'alternative v_j

$$C_{ik} = \frac{\sum_{j=1}^m P_j \times C_j(v_i, v_k)}{\sum_{j=1}^m P_j} \quad (1)$$

Les valeurs de l'indice de concordance $C_j(v_i, v_k)$ sont continues entre 0 et 1 (figure 57). P_j est le poids accordé au critère j .

La réalisation des comparaisons entre paires ordonnées de scénarios (alternatives) relativement à chaque critère permet d'avoir m matrices $n \times n$ comprenant les indices de concordance C_j . Une matrice carrée $n \times n$ comprend les indices de concordance globaux est ensuite calculée sur la base de la précédente formule.

10.2.3.3 Etape 3. Indices de discordance

La discordance de l'hypothèse de surclassement de l'alternative V_i par V_k est déterminée pour chaque critère en calculant l'indice de discordance $d_j(v_i, v_k)$. Ensuite des matrices de discordance sont réalisées pour chaque critère. On obtient enfin m matrices $n \times n$ comprenant les indices de discordance calculés.

10.2.3.4 Etape 4. Relations de surclassement floue

Dans cette phase on calcule le degré de crédibilité de l'hypothèse de surclassement (δ_{ik}), qui est déterminé comme suit :

$$\delta_{ik} = C_{ik} \prod_{j=1}^m \frac{1 - d_j(v_i, v_k)}{1 - C_{ik}} \quad (2)$$

Seuls les critères c_j pour lesquels $d_j(v_i, v_k) > C_{ik}$ sont retenus (Maystre et al., 1994).

10.2.3.5 Etape 5. Exploitation des relations de surclassement floue et présentation des résultats

Les degrés de crédibilité calculés vont servir pour l'établissement des relations de surclassement entre chaque paire ordonnée de scénarios. C'est une procédure complexe, dont l'algorithme a été bien présenté par Maystre et al. (1994, page 93). Chaque scénario est qualifié par la différence entre sa *puissance* et sa *faiblesse* (Bousson, 2003). La puissance renvoie au nombre de scénarios dont il est strictement préféré. La faiblesse se réfère au nombre de ceux qui lui sont préférés. Deux classements antagonistes seront réalisés (constituant des préordres complets) : distillation ascendante et distillation descendante. Ils sont établis de manière itérative en procédant à l'extraction progressive des scénarios à qualification maximale ou minimale. La comparaison des rangs obtenus lors des deux dernières distillations aboutit à un classement final. Ce dernier est un préordre partiel autorisant les ex-æquo. Les scénarios qui ne disposent pas du même rang dans les deux distillations sont considérés comme incomparables.

10.3 MISE EN ŒUVRE DE L'ÉVALUATION

A l'issue du développement des alternatives d'aménagement associées aux scénarios et au choix des décisions tactiques à réaliser, une base de données relative à l'évolution des peuplements est constituée. Elle comporte l'information de base nécessaire à l'évaluation des performances des scénarios.

10.3.1 Performance des scénarios

L'évaluation des scénarios, relativement aux différents critères et indicateurs, est synthétisée dans les tableaux de performance (tableau 61). Les différents indicateurs ont été calculés selon les formules du tableau 60. Les paramètres utilisés pour les fonctions emplois ont été présentés lors de la mise en œuvre de l'approche quantitative. D'autres paramètres (prélèvements, structure des peuplements et emplacement des

interventions) figurent au chapitre précédent. Les critères présentant les meilleures performances sont en gras.

Tableau 61. Tableaux des performances

Scénarios	Indicateurs relatifs à la production ligneuse		
	VB	SP	RP
Parc	30 742	0,15	1,82
DI	38 952	0,14	1,6
Continuité	9 788	1,48	1,03
Unité	m ³ /an	-	Indice de Shannon [0-2]
Sens	Max	Max	Max

Scénarios	Indicateurs d'ordre écologique et biologique		
	ISR	DB	SPROT
Parc	57,6	2,29	21,89
DI	90,65	2,39	8,92
Continuité	90,59	2,23	5,79
Unité	[0-100]		%
Sens	Min	Max	Max

Scénarios	Indicateurs récréatifs et cynégétiques			
	Nombre EQ	Tronçons	PELR	DPEUP
Parc	34	42,77	0,082	0,77
DI	38	42,59	0,057	0,98
Continuité	11	98,78	0,077	0,89
Unité	Comptage	Km	m ⁻¹	[0, 0,99]
Sens	Max	Max	Max	Max

Scénarios	Indicateurs socio-économiques					
	Emplois*	ISE	IMED**	Accepta	Partage	PFN
Parc	20 495	0,15	0,0199	2	3	3
DI	25 968	0,14	0,0125	3	1	3
Continuité	6 525	0,04	2000,01	1	2	2
Unité	HJ/an	-		Rang	Rang	Rang
Sens	Max	Max	Min	Max	Max	Max

Avec VB : indicateur de quantité de matière ligneuse produite en m³/an ; SP : indicateur de soutenabilité de la production ; RP : indicateur de régularité de la production ligneuse ; ISR : indicateur de surface exploitée soumise à risque ; DB : indicateur de diversité des biotopes ; SPROT : indicateur de la part de la forêt aménagée pour la conservation ; Nombre EQ : indicateur du nombre d'équipements récréatifs prévus ; tronçons : indicateur de longueur des itinéraires de promenade prévus ; PELR : indicateur de proportion d'éléments remarquables aux abords des itinéraires de promenade ; DPEUP : indicateur de diversité des peuplements traversés par les itinéraires de promenade ; Emplois : indicateur du nombre d'emplois générés en HJ/an ; ISE : indicateur de soutenabilité des emplois ; IMED : indicateur des surfaces mise en défens ; Accepta : indicateur d'acceptabilité ; Partage : indicateur de partage des revenus ; PFN : indicateur de concordance avec le PFN. * Seuls les emplois issus de l'exploitation forestière ont été considérés ; ** Les parcelles à mettre en défens considérées correspondent aux séries-objectif CS pour les scénarios développement intégré et ceux du groupe de régénération pour le scénario continuité.

Les indicateurs relatifs à la production ligneuse sont caractérisés par une meilleure performance du scénario développement intégré relativement à l'indicateur volume de matière production ligneuse produite et par une meilleure performance du scénario continuité relativement à l'indicateur de soutenabilité de la production. L'indicateur de régularité de la production ligneuse reste en faveur du scénario parc.

Les indicateurs relatifs aux critères écologiques et biologiques sont caractérisés par les meilleures performances du scénario parc relativement aux indicateurs surfaces exploitées et soumises à risques et surfaces aménagées pour la protection. Le scénario développement intégré présente une meilleure performance relativement à l'indicateur diversité des biotopes.

Les indicateurs relatifs aux critères récréatifs et cynégétiques sont caractérisés par la meilleure performance du scénario parc relativement à l'indicateur proportion des éléments remarquables aux abords des itinéraires, par la meilleure performance du scénario développement intégré relativement à l'indicateur nombre d'équipement et diversité des peuplements traversés par les itinéraires, et par la meilleure performance du scénario continuité par rapport à l'indicateur longueur des itinéraires de promenades.

Les indicateurs relatifs aux critères socio-économiques sont caractérisés par une meilleure performance du scénario parc par rapport aux indicateurs de soutenabilité de l'emploi, de partage des revenus et de concordance avec le PFN. Le scénario développement intégré présente de meilleures performances relativement aux indicateurs : emplois générés, mise en défens, acceptabilité du scénario et degré de concordance avec le PFN.

Les solutions optimales relatives à la production ligneuse des scénarios parc naturel et développement intégré sont supérieures à celles obtenues par le scénario continuité. Ce résultat est obtenu en considérant l'entièreté de l'horizon de planification pour les deux premiers scénarios et seulement les trois décrits dans le plan de gestion du scénario continuité. La comparaison des moyennes annuelles produites lors des trois premières périodes est, par contre, en faveur du dernier scénario (respectivement 540, 375 et 9 788 m³/an pour les scénarios développement intégré, parc et continuité). Ceci s'explique par la structure actuelle des peuplements. Un accroissement du capital sur pied permet une augmentation de la production à long terme. Cette amélioration est constatée, pour ces deux scénarios, à partir de la 6^{ème} période. Malgré l'importance avérée des volumes à exploiter, ils restent en dessous de la productivité potentielle calculée par El Kasri (1982) et Hossayni (1983) ; soit allant de 2,5 à 4 m³/ha/an pour le premier auteur et de 3 à 5,5 m³/ha/an pour le second.

Les indicateurs de soutenabilité des emplois et du bois sont à prendre avec précaution lors de la comparaison des trois scénarios. Ils ont été calculés sur la base de trois périodes pour le scénario continuité et pour tout l'horizon de planification pour les autres scénarios. Ces indicateurs peuvent toutefois différencier les scénarios développement intégré et parc naturel.

L'indicateur des surfaces à mettre en défens est très élevé pour le scénario continuité par rapport aux autres scénarios. Ceci découle du fait que ce scénario envisage des mises en défens dans des parcelles limitrophes des douars. Par contre, cette préoccupation a été prise en compte lors de la définition des éléments de spatialisation des deux autres scénarios.

10.3.2 Agrégation des évaluations

Le grand nombre de critères et d'indicateurs peut engendrer des phénomènes d'incomparabilité (Martel et al, 1993 ; Maystre, 2001 *in* Bousson, 2003). Ceci impose le recours à une agrégation sectorielle en regroupant les critères relatifs à une même famille.

Pour les critères relatifs à la production ligneuse, les indicateurs soutenabilité et régularité de la production peuvent être regroupés en un indicateur unique relatif de durabilité de la production (ID). Concernant les objectifs récréatifs, les indicateurs nombre d'équipements récréatifs et longueurs de réseaux de promenade envisagés peuvent être regroupés en un indicateur quantitatif unique : EQ. De même que pour les indicateurs diversité des peuplements et proportions d'élément remarquable aux abords des itinéraires peuvent concourir à un critère unique relatif à la qualité des réseaux de promenades proposés (QP). Les indicateurs de partage et d'acceptabilité sont regroupés en un indicateur unique (ACCEPART).

Rappelons que le seuil d'indifférence, q , doit représenter l'incertitude caractérisant le processus d'évaluation. Il traduit la différence à partir de laquelle il n'est point judicieux de considérer qu'une performance est meilleure qu'une autre relativement à un critère donné. Le seuil de préférence représente la différence au-dessus de laquelle la préférence de la performance d'un critère est indiscutable. Les seuils de veto n'ont pas été intégrés dans l'analyse. Dans notre mise en œuvre et vu que l'erreur tolérable par les études thématiques est de l'ordre de 10%, une première appréciation s'est fixé un seuil d'indifférence de 5% et 15% pour le seuil de préférence. La matrice résultante de l'analyse est présentée au tableau 62.

Tableau 62. Matrice synthétique des performances

Indicateur	Scénario			Sens	Seuils	
	DI	CONT	PARC		Q	P
V	38 952	9 788	30 742	Max	1500	4500
ID	1,97	2,51	1,74	Max	0,09	0,26
ISR	90,65	90,59	57,6	Min	2,88	8,64
DB	2,39	2,23	2,29	Max	0,11	0,33
SPROT	8,92	5,79	21,89	Max	0,29	0,87
EQ	80,59	109,78	76,77	Max	2,92	8,84
QP	1,037	0,967	0,852	Max	0,04	0,12
EMP	25 968	6 525	20 495	Max	1000	3000
ISEMP	0,14	0,04	0,15	Max	0,02	0,06
IMED	0,0125	2000,01	0,0199	Min	0,01	10
ACCEPART	4	3	5	Max	-	1 rang
PFN	3	2	3	Max	-	1 rang

Avec V : indicateur quantité de matière ligneuse produite en m³/an ; ID : indicateur de durabilité de la production ; ISR : indicateur surface exploitée soumise à risque ; DB : indicateur de diversité des biotopes ; SPROT : indicateur de la part de la forêt aménagée pour la conservation ; EQ : indicateur des équipements récréatifs envisagés ; QP : indicateur de qualité des itinéraires de promenade prévus ; EMP : indicateur nombre d'emplois générés en HJ/an ; ISEMP : indicateur de soutenabilité des emplois ; IMED : indicateur des surfaces mises en défens ; ACCEPART : indicateur d'acceptabilité et de partage des revenus ; PFN : indicateur de concordance avec le PFN.

Une implémentation de la méthode Electre III a été développée sous Visual Basic For applications (VBA) dans Ms Excel. Ce module automatisé permet, entre autres, la réalisation de l'étude de sensibilité (annexe 4).

Une première résolution du problème en adoptant des poids identiques a permis de cerner l'effet de l'agrégation locale sur le classement des scénarios. Il s'est avéré à quelques nuances près que le classement n'a pas été globalement modifié. D'autres analyses ne tenant pas compte des critères soutenabilité de l'emploi et soutenabilité de la production ligneuse ont été conduites et les mêmes résultats ont été obtenus.

Par ailleurs, il ressort de l'analyse des scénarios relativement aux 16 indicateurs que le scénario développement intégré domine les autres scénarios. Toutefois, la dominance entre l'ensemble des scénarios n'est pas stricte (existence de situations d'incomparabilité entre certains scénarios). Ceci émane de la démarche adoptée pour développer les scénarios et élucider leurs différentes composantes (alternatives d'aménagement), de leur nombre et des effets de la combinaison des actions fragmentaires. Pour mieux déceler la stabilité des solutions obtenues et l'effet des différents seuils, le recours à l'analyse de sensibilité s'impose.

10.3.3 Analyse de sensibilité

L'analyse de sensibilité traduit la sensibilité de la solution aux variations de critères, de poids ou de seuils. Elle peut appréhender une situation multi-acteurs à travers différents jeux de poids. Deux approches ont été rapportées pour l'étude de sensibilité (Bousson, 2005). Dans notre mise en œuvre, plusieurs combinaisons de seuils et de poids ont été testées. L'analyse de sensibilité a été conduite en se basant sur le rang médian issu des deux distillations (approche décrite par Tervonen et al. 2005).

10.3.3.1 Résultats avec des jeux de poids différents

La multiplicité des indicateurs associés aux différents critères et les enjeux relatifs à leur importance, nécessitent l'application de poids aux différents critères. Deux approches peuvent être retenues pour la détermination des poids. La première consiste en l'attribution directe de poids à chacun des critères. La seconde les fixe aux familles de critères et puis au sein de chacune d'entre elles ; le poids final correspond au produit des deux poids : de la famille et du critère à l'intérieur de la famille (Maystre, 1994). C'est cette dernière approche qui a été retenue.

Dans l'évaluation finale, six jeux de poids ont été testés (tableau 63). Ils correspondent à différentes préoccupations. Le premier se rapporte à un équilibre de préférence entre famille de critères et entre critères à l'intérieur de la même famille. Le dernier correspond à un équilibre entre critères. Les autres se rapportent à des préférences particulières censées répondre aux aspirations d'une catégorie d'acteurs.

Tableau 63. Jeux de poids utilisés dans les différentes comparaisons

Critère	P1	P2	P3	P4	P5	P6
V	12,5	25	8,33	8,33	8,33	8,33
ID	12,5	25	8,33	8,33	8,33	8,33
ISR	8,3	5,56	16,67	5,56	5,56	8,33
DB	8,3	5,56	16,67	5,56	5,56	8,33
SPROT	8,3	5,56	16,67	5,56	5,56	8,33
EQ	12,5	8,33	8,33	25	8,33	8,33
QP	12,5	8,33	8,33	25	8,33	8,33
EMP	5	3,33	3,33	3,33	10	8,33
ISEMP	5	3,33	3,33	3,33	10	8,33
IMED	5	3,33	3,33	3,33	10	8,33
ACCEPART	5	3,33	3,33	3,33	10	8,33
PFN	5	3,33	3,33	3,33	10	8,33

Avec P1 : correspond à un équilibre de poids entre famille et à l'intérieur de la même famille, P2 : correspond à des préoccupations de production ligneuse donnant un poids de 50% à la famille des critères ligneux et le reste entre les autres familles, P3 : correspond à des préoccupations écologiques donnant un poids de 50% à la famille de critères écologiques, P4 :

correspond à des préoccupations récréatives donnant un poids de 50% à la famille de critères récréatifs, P5 : correspond à des préoccupations socio-économiques donnant un poids de 50% à la famille de critères socio-économiques, P6 : correspond à un équilibre entre critères ; V : indicateur quantité de matière ligneuse produite en m³/an, ID : indicateur de durabilité de la production ; ISR : indicateur de surface exploitée soumise à risque, DB : indicateur de diversité des biotopes, SPROT : indicateur de la part de la forêt aménagée pour la conservation, EQ : indicateur des équipements récréatifs envisagés, QP : indicateur de la qualité des itinéraires de promenade, EMP : indicateur du nombre d'emplois générés en HJ/an, ISEMP : indicateur de soutenabilité des emplois, IMED : indicateur des surfaces mises en défens, ACCEPART : indicateur d'acceptabilité et de partage des revenus, PFN : indicateur de concordance avec le PFN.

Le scénario développement intégré surclasse les autres scénarios en utilisant les jeux de poids présentés précédemment (figure 59). Il occupe la première position en utilisant tous les jeux de poids. Certaines situations d'incomparabilité, caractérisées par des scénarios ne disposant pas des mêmes rangs lors des deux distillations, sont à souligner. Il s'agit des scénarios parc et continuité (avec les poids P2 et P4) et des scénarios développement intégré et parc (avec les poids P3, P5 et P6). Le jeu de poids P1 reste caractérisé par la comparabilité complète des trois scénarios.

Les degrés de crédibilité confirment, avec tous les systèmes de pondération associés aux différents jeux de poids, les meilleures performances du scénario développement intégré par rapport au scénario continuité. De même que les poids attribués aux critères récréatifs et de production ligneuse influencent la comparabilité des scénarios : parc et continuité. De même l'accroissement des poids des critères écologiques et socio-économiques conduit à l'incomparabilité entre les scénarios : développement intégré et parc. Ceci nécessite l'analyse de sensibilité de la solution obtenue, l'analyse de l'effet de la méthode sur les classements ou éventuellement l'initiation d'une concertation s'orientant principalement sur la comparaison de ces deux scénarios.

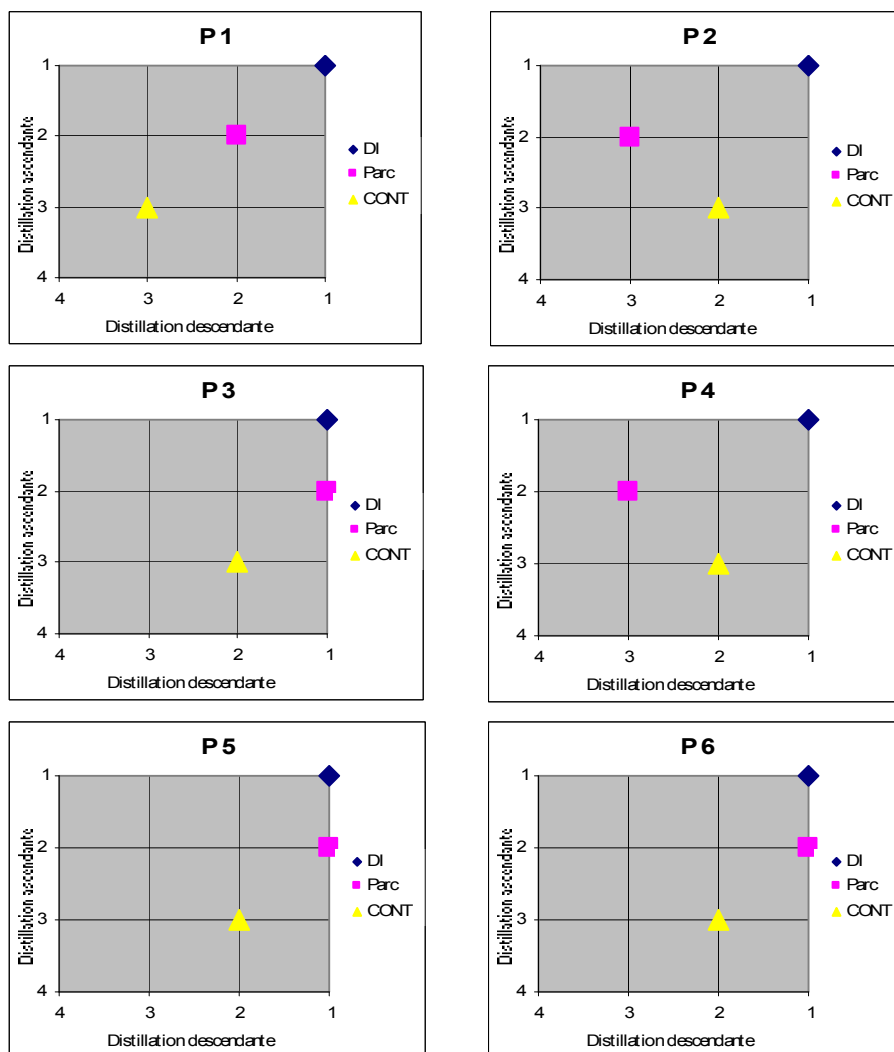


Figure 59. Comparaison des scénarios en utilisant les différents jeux de poids

Avec DI : scénario développement intégré, Parc : scénario parc, et CONT : scénario continuité.

10.3.3.2 Analyse de la sensibilité

Vu la présentation des solutions obtenues précédemment en utilisant des poids variables, l'analyse de sensibilité correspond à un contexte de décideur unique avec un équilibre de poids entre familles et à l'intérieur de la

même famille de critères (P1). Les intervalles de stabilité (amplitudes de variations) des différents seuils (de préférence et d'indifférence) et poids sont présentés au tableau 64.

Tableau 64. Analyse de sensibilité des solutions obtenues

Indicateur	Poids (*)			Préférence			Indifférence		
	Base	Min	Max	Base	Min	Max	Base	Min	Max
VB	12,5	10,16	97,23	4500	1690,63	9531,25	1500	93,75	4429,69
ID	12,5	9,38	29,86	0,26	0,11	0,30	0,09	0,01	0,17
ISR	8,33	1,04	9,95	8,64	3,24	33,78	2,88	0,36	8,37
DB	8,33	1,04	22,20	0,33	0,14	1,12	0,11	0,03	0,29
SPROT	8,33	1,04	9,95	5	2,56	16,03	1,75	0,88	3,75
EQ	12,5	0,78	29,86	12	3,09	46,28	2,50	0,63	11,25
QP	12,5	10,16	97,23	0,15	0,08	0,19	0,05	0,03	0,11
EMP	5	3,75	97,23	5000	1062,50	8765,15	1000	62,50	4921,88
ISEMP	5	1,25	19,14	0,50	0,03	0,99	0,02	0,01	0,49
IMED	5	1,25	19,14	10	0,09	2000,94	0,01	0,01	9,92
ACCEPART	5	1,25	6,13	-	-	-	-	-	-
PFN	5	1,25	19,14	-	-	-	-	-	-

Avec V : indicateur quantité de matière ligneuse produite en m³/an ; ID : indicateur de durabilité de la production ; ISR : indicateur de surface exploitée soumise à risque ; DB : indicateur de diversité des biotopes ; SPROT : indicateur de la part de la forêt aménagée pour la conservation ; EQ : indicateur des équipements récréatifs ; QP : indicateur de qualité des itinéraires de promenade prévus ; EMP : indicateur du nombre d'emplois générés en HJ/an ; ISEMP : indicateur de soutenabilité des emplois ; IMED : indicateur des surfaces mises en défens ; ACCEPART : indicateur d'acceptabilité et de partage des revenus ; PFN : indicateur de concordance avec le PFN ; (*) Les poids ne correspondent pas à un pourcentage, il s'agit de valeurs obtenues en fixant les autres poids à leurs valeurs de base.

Les amplitudes de variation des différents paramètres témoignent de la robustesse des solutions obtenues. Excepté pour les poids des indicateurs de 'surfaces exploitées et soumises à risque' et de la 'part de surface aménagée pour la protection' dont les amplitudes ne sont pas aussi grandes que les autres indicateurs. Ainsi, le fait d'accorder des poids élevés aux critères ISR, SPROT et ACCEPART, supérieurs aux limites maximales (tableau 64) conduit à une instabilité de la solution ; ceci confirme les résultats de l'analyse avec différents jeux de poids.

En définitive et abstraction faite des situations d'incomparabilité, la solution reste globalement stable dans un contexte de classement complet des scénarios.

10.3.3.3 Effet de la méthode

En vue de déceler l'effet de la méthode et clarifier les situations d'incomparabilité liées à l'utilisation d'une méthode d'agrégation partielle, nous avons comparé les résultats obtenus par la méthode Electre III avec ceux issus du module informatisé DELPHOS⁷⁵. Ce dernier implémente l'approche Evamix (Evaluation Matrix). Cette méthode d'aide à la décision constitue une méthode d'agrégation complète qui peut intégrer aussi bien des données quantitatives que qualitatives (Hajkowicz et Collins, 2007 ; Hajkowicz et Higgins, 2008 ; Moffett et Sarkar, 2006).

Initialement développée par Voogd (1983), Evamix a été retenue pour le choix de zones de pêche à proposer pour une éventuelle certification de leur durabilité par le *Marine Stewardship Council* au Mexique⁷⁶. Elle se base sur cinq phases. La première consiste en l'identification des critères selon leur nature : ordinale ou cardinale. La deuxième consiste à calculer des scores de dominance entre tous les critères. La troisième porte sur le calcul des scores standardisés de dominance pour tous les critères. La quatrième détermine les scores globaux de dominance. La cinquième consiste à classer les différentes alternatives disponibles (De Montis et al., 2005).

Le tableau 65 présente les scores globaux de dominance des différents scénarios en utilisant les différents jeux de poids (tableau 63). Ils ont été calculés en utilisant le module Delphos. Pour chaque jeu de poids, le score associé au meilleur scénario est en gras.

Tableau 65. Scores globaux des scénarios en utilisant Evamix

Scénarios	Jeux de poids					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Développement intégré	0,25	0,28	0,38	0,25	0,08	0,32
Continuité	-0,50	-0,47	-0,37	-0,50	-0,42	-0,44
Parc	0,24	0,19	-0,01	0,25	0,33	0,12

A l'exception du système de pondération (P5) où le scénario parc est le meilleur, le scénario développement intégré surclasse les autres scénarios. De même que le scénario continuité présente les plus faibles scores quel que soit le système de pondération retenu.

⁷⁵ Il s'agit d'un logiciel open source développé en Python. Il est disponible en code source sur le site <http://trac.infodrizze.org/opendelphos/>

⁷⁶ <http://www.cobi.org.mx/>

Abstraction faite du jeu de poids P5 et de la classification complète des scénarios qui est due à la nature de la méthode utilisée (méthode d'agrégation complète : Evamix), les résultats ne divergent pas trop de ceux obtenus par la méthode Electre III. Ceci corrobore l'analyse de la sensibilité qui a été réalisée.

Les situations d'incomparabilité des deux scénarios parc et développement intégré obtenues précédemment en utilisant la méthode Electre III ou le contexte particulier du système de pondération P5, pourront justifier le recours à une concertation avec les différents acteurs. Celle-ci pourra porter sur la comparaison et l'analyse de ces deux scénarios.

10.4 CONCLUSION

Le scénario développement intégré s'avère le plus approprié au vu des critères retenus et de la plupart des pondérations mises en œuvre. Ce scénario pourrait conduire à une substantielle réduction de la production ligneuse au cours des cinq premières périodes d'aménagement.

Le choix du scénario développement intégré s'avère justifiable. En effet, hormis la considération des composantes prospectives et des propositions d'éléments de nature à inverser les tendances et qui ne sont pas considérées explicitement lors des évaluations, les actes de gestion et les interventions envisagées sont en faveur de ce scénario.

Les questions sous-jacentes suivantes méritent d'être posées. Le développement local est-il incompatible avec la mise en œuvre du parc ? Sera-t-on prêt à mettre en œuvre le parc alors qu'il ne représente pas la meilleure solution ? Sinon, quelles sont les mesures à adopter pour améliorer sa position ? Peut-on se restreindre à une amélioration de critères récréatifs et de l'emploi abstraction faite de la composante « production ligneuse » ?

S'il a été démontré que les objectifs, les intentions et les bénéfices de développement local ne sont pas toujours au profit des populations locales dans un contexte de parc (Southworth et al., 2006), le paiement direct au profit de ces derniers s'avère la manière la plus « *efficente, appropriée et équitable* » (Ferraro et Kiss, 2002). De même, le développement local ne s'avère pas synonyme de la « *maîtrise locale du développement* » (Héritier, 2007). Ainsi, l'instauration d'une adhésion de la population locale et la création d'une dynamique de développement local centrée sur le futur parc nécessitent « *l'existence d'un préalable : la confiance des populations locales dans les propositions 'venant d'en haut' et l'adéquation aux besoins* ».

effectifs de ces derniers » (Héritier, 2007). Dans ce contexte, les zones périphériques du parc pourront se développer en 'zones d'adhésion' et ce à travers une stratégie volontariste de l'administration basée sur le dialogue et la coopération avec les instances organisationnelles locales.

Certes, la mise en œuvre du parc devra accroître les offres d'emplois directs ou indirects liés aux activités récréatives. Une réflexion doit être conduite pour compenser les pertes des recettes de la commune rurale suite à la réduction de la production ligneuse. Ceci pourrait justifier le recours à une concertation pour favoriser un consensus et permettre l'appropriation du scénario retenu par tous les acteurs.

11. DISCUSSIONS GENERALES

Au terme de cette étude et en guise de discussions, on s'intéressera à : i) un rappel des différentes composantes de la démarche, ii) une présentation de chacune d'entre-elles en termes de données mobilisées, de méthodes et de résultats, iii) une analyse de l'articulation des différentes méthodes utilisées et/ou de leurs résultats et iv) une appréciation de la pertinence des différentes composantes eu égard au contexte général visant à asseoir un aménagement forestier multifonctionnel, et au contexte d'application.

Rappelons que la démarche envisagée comporte des composantes relatives à l'acquisition de données (étude des vocations et diagnostic socio-économique) et d'autres pour le traitement de ces données. Les méthodes d'aide à la décision adoptées dépendent de la portée des décisions qui peuvent être stratégiques et tactiques. Pour les décisions stratégiques, deux approches ont été envisagées. La première se base sur la programmation linéaire pour l'identification des niveaux optimaux des objectifs quantifiables (production ligneuse et production de l'emploi). La seconde se base sur la prospective pour identifier les enjeux qui pèsent sur la zone, et sur la détermination de stratégies d'intervention adaptées aux tendances des variables structurelles. Ainsi, quatre scénarios prospectifs ont été identifiés dont trois ont été implémentés en interventions et actes de gestion, et ont constitué des alternatives d'aménagement. Lors de cette implémentation, la détermination des prélèvements et des interventions envisageables s'inscrivant dans les décisions tactiques, s'est basée sur le recours à la simulation et aux algorithmes génétiques, excepté pour le scénario continuité. En effet, les prélèvements envisagés par ce dernier correspondent à ceux prévus par l'aménagement en cours d'application. La simulation a néanmoins permis d'identifier les structures des peuplements des différentes unités de gestion avant et après chaque intervention et ce pour les trois scénarios. L'évaluation finale a consisté à choisir l'alternative répondant le mieux à la multifonctionnalité. Ceci a nécessité l'identification de critères et indicateurs, l'évaluation des performances des scénarios par rapport à ceux-ci et le recours à une approche multicritère pour les comparer.

Le diagnostic socio-économique et l'étude des vocations ont permis de cerner ces dernières ainsi que les enjeux et les demandes sociales afférents à l'espace. L'étude des vocations s'est basée sur deux hypothèses relatives

au fait que le développement des espèces locales témoigne des aptitudes des espaces et que la densité du couvert forestier reflète l'intensité de la pression sur les peuplements forestiers.

Chacune des vocations a été identifiée de manière indépendante de façon à faire valoir la multifonctionnalité. Lors de cette mise en œuvre, le recours aux SIG s'est avéré indispensable pour l'implémentation des différentes fonctions de classification (additives, multiplicatives ou sigmoïdes).

L'avantage de la démarche envisagée pour l'étude des vocations réside dans la disponibilité des données mobilisées et dans la possibilité de la conduire pour une échelle spatiale moyenne à grande.

Lors de l'étude des vocations, des choix relatifs aux règles d'affectation ont été retenus. Ces derniers pourraient être discutables dans un contexte de remise en question des maîtrises foncières et de l'appropriation de l'espace dans la zone d'étude ; ceci reste très difficile dans le contexte actuel et semble être en faveur des choix retenus.

Le diagnostic socio-territorial s'est basé sur l'utilisation conjointe des enquêtes socio-économiques réalisées lors de l'étude d'aménagement de la forêt d'Ajdir par TTOBA (2002), sur un diagnostic social à caractère qualitatif mis en œuvre par la cellule du projet Khénifra (HCEFLCD, 2004) ainsi que sur des investigations de terrain. Certaines des données utilisées peuvent sembler « excessives ». Elles n'ont pas été vérifiées à cause du seuil d'erreur maximum toléré par le HCEFLCD lors des études réalisées (5 à 10%) et de la conjonction de deux composantes : rigueur climatique et précarité ; comme il a été présenté, ceci concourt à une dépendance envers les ressources et à des prélèvements qui dépassent de loin les approximations.

La mise en œuvre de l'approche quantitative a permis d'identifier les niveaux optimaux des objectifs quantifiables en les considérant chacun séparément. Elle s'est basée sur la programmation linéaire. Différentes formulations correspondant à des choix techniques bien définis (rendement soutenu de la production du bois et/ou de l'emploi, structure objectif régulière) ont été adoptées. Le recours à la programmation linéaire à ce niveau a permis de traiter une très grande masse d'information.

Deux objectifs distincts ont été retenus pour la programmation linéaire : l'emploi et le bois. Or, la multifonctionnalité ne se limite pas à ces deux objectifs. Cependant et malgré que certaines préoccupations aient été intégrées sous la forme de contraintes (rendement soutenu, structure de peuplements à la fin de l'horizon de planification, mise en défens), il serait

très difficile de vouloir intégrer mathématiquement d'autres préoccupations comme fonctions objectif en l'absence de données précises. En effet, certaines fonctions objectif peuvent se rattacher davantage à l'organisation spatiale des interventions proposées et à la promotion de l'activité qu'aux intensités des interventions sylvicoles envisagées dans la forêt.

L'utilisation des deux objectifs (bois et emplois) s'est effectuée de manière indépendante. Ceci s'avère pertinent lorsqu'il s'agit d'objectifs compatibles ou séquentiels. Le recours au *goal-programming* pourrait aider à surmonter cette difficulté et à intégrer une multitude d'objectifs. Cependant, des problèmes d'échelles nécessitent l'attribution de poids aux écarts des différentes fonctions. Ces poids, s'ils émanent d'une concertation et en utilisant l'AHP (Saaty, 1984), pourraient constituer une stratégie d'intégration d'une multiplicité d'acteurs. Toutefois en raison de la longueur de l'horizon de planification et du fait que les deux objectifs retenus varient dans le même sens, nous n'avons pas jugé utile d'envisager le *goal-programming*.

Lors du calcul de la fonction objectif production ligneuse, l'estimation des productions de bois issues des différentes séquences d'aménagement a été basée sur l'accroissement moyen annuel ; ceci peut être critiquable, en effet, le recours à une table de production permet des résultats plus précis après la régularisation de la structure des peuplements. Néanmoins, on considérera que l'erreur imputée à l'usage de ce paramètre est distribuée de façon homogène sur toutes les périodes de l'horizon de planification. L'estimation de l'emploi dépend du degré de mécanisation des différentes opérations. Avec un long horizon de planification, la stabilité des paramètres retenus par les modèles ayant pour fonction objectif la production de l'emploi ne pourrait être maintenue (les faibles coûts de la main d'œuvre ne sont pas en faveur de la mécanisation, l'exode rural ou le développement d'autres filières pourraient inverser cette situation). A long terme, les résultats des modèles emploi doivent être considérés avec précaution.

La longueur de l'horizon de planification induit des incertitudes relatives aux objectifs à long terme et aux inputs des modèles. Les connaissances limitées de la productivité et de la conduite des peuplements ont conduit à la définition d'un grand nombre d'itinéraires sylvicoles (séquences d'aménagement). Cette énorme masse d'information est très difficile à analyser en se fiant au bon sens ; ce qui reste à l'actif de ces techniques. De même que la disponibilité d'information précise améliorera considérablement la qualité des résultats.

L'application des résultats de la programmation linéaire peut révéler des difficultés d'identification des unités d'intervention et nécessite leur révision quotidienne. Cette contrainte ne constitue plus une limite car les travaux

récents la relèguent aux décisions tactiques. Sur le plan de la méthode, elle nécessite la formulation mathématique des objectifs de l'aménagement de manière quantifiable (en les intégrant soit sous la forme de fonction objectif ou de contraintes imposées aux modèles). De même que du fait que l'appréciation de certains objectifs nécessite des informations sur l'emplacement spatial des unités d'intervention, ceux-ci ne peuvent être traités qu'après l'identification des décisions tactiques.

Les informations qui émanent de la résolution des différents modèles linéaires n'ont pas constitué, à elles seules, la base d'un aménagement multifonctionnel. Ceci émane de deux contraintes : la première liée à la résolution spatiale des unités d'intervention et la seconde est la nécessité d'une meilleure prise en compte de la composante sociale. Ainsi, l'intégration des acteurs locaux dans le processus de décision, leurs dynamiques sociales et l'ouverture vers une éventuelle intégration de critères et d'indicateurs de gestion durable des forêts, ont constitué les éléments ayant justifié le développement de scénarios. Soulignons toutefois que les chiffres émanant de la résolution des modèles linéaires ont constitué des valeurs cibles recherchées par les décisions tactiques. Ces chiffres peuvent également renseigner sur les éventuels coûts de substitution associés aux différents objectifs ou contraintes et éventuellement servir à la définition d'une fonction de pénalité associée à l'écart en termes de production par rapport aux objectifs fixés ou au non-respect des contraintes.

L'approche par scénario s'est basée sur la prospective pour identifier des stratégies d'aménagement adaptées aux évolutions futures possibles. Sur le plan des données mobilisées lors de la mise en œuvre de la composante prospective, seules trois variables structurelles et quatre scénarios ont été retenus. Ceci peut constituer une limitation. Toutefois au vu de la finalité de la construction des scénarios qui n'est pas de prédire le futur mais de parvenir aux meilleures décisions, et au vu des variables qui peuvent à la fois différencier les scénarios et conditionner leurs évolutions futures, les choix retenus semblent être judicieux. Ainsi et à titre d'exemple, les changements climatiques n'ont pas été pris en considération pour l'échelle temporelle de réflexion retenue et pour l'amplitude de leur variabilité (dans le même sens pour les trois scénarios). Les implications de cette variabilité ont été analysées lors de la comparaison de la plausibilité des scénarios. Comme pour les changements climatiques, les infrastructures sociales de base n'ont pas été utilisées pour différencier les scénarios. Ceci émane du fait qu'elles restent sous-entendues par les pratiques structurantes (promotion de certaines activités). Les enjeux inhérents à leur mise en place future ont été analysés lors de la présentation de la pertinence et de la plausibilité des scénarios. D'autres scénarios quantitatifs auraient néanmoins pu être développés (en se basant sur des variables

quantitatives : énergie, élevage, eau). Ils pourraient renseigner sur le montant de la solidarité amont-aval à déployer pour assurer le maintien des ressources forestières. Ceci pourra être conduit ultérieurement mais dépasse les objectifs assignés à la présente étude.

Les résultats obtenus sont qualitatifs. Quoiqu'elle reste importante pour comprendre les tendances et les enjeux futurs, l'approche par scénarios semble lourde à conduire en particulier pour l'identification et l'analyse des scénarios. Elle semble dépasser le cadre d'un aménagement forestier à une petite échelle spatio-temporelle. Dans notre contexte, son utilisation s'est imposée par l'importance du contexte spatial du moyen Atlas ainsi que pour mieux appréhender les mutations sociales et les enjeux inhérents à la société rurale. Le cas échéant, les scénarios pourraient se baser sur une constitution d'actions élémentaires répondant à la multifonctionnalité et non plus sur la prospective.

L'implémentation spatio-temporelle des interventions associées aux scénarios a consisté en l'identification des alternatives. Ces dernières comprennent des choix qualitatifs et quantitatifs. Les choix qualitatifs comportent la classification des unités de gestion en séries-objectif de manière compatible avec leurs vocations et l'identification des aménagements récréatifs, cynégétiques et pastoraux envisageables. Les choix quantitatifs sont basés sur le recours aux algorithmes génétiques et à la simulation et visent l'identification des itinéraires sylvicoles envisageables.

Les données mobilisées pour les choix qualitatifs émanent du diagnostic. La prise en compte de la composante sociale dépend du scénario retenu. La simulation de l'évolution des peuplements s'est basée sur l'utilisation conjointe de la loi de distribution de probabilité de Weibull et sur des modèles de croissance ayant la forme d'équations différentielles de passage (Khatouri, 1987 ; Khatouri et Denis, 1990).

Lors de l'identification des choix quantitatifs, les résultats de la programmation linéaire ont été utilisés. Ceci trouve sa justification, d'une part, dans le fait que les résultats de la programmation linéaire constituent le maximum qu'on peut prélever en supposant que l'accroissement moyen annuel des peuplements à la fin de l'horizon de planification avoisinera celui actuel. D'autre part, le choix de maintenir une structure irrégulière à jardinée améliorera les productions par rapport à l'imposition d'une contrainte d'équi-répartition des surfaces par classes de circonférence.

Les modèles de croissance utilisés n'ont pas été validés dans le cadre de notre étude ; les résultats obtenus dépendent de la précision de ces

modèles de croissance. Ceci reste également valable pour les structures et les normes retenues.

Une certaine lourdeur des simulations de l'évolution des peuplements peut être constatée. Elle est peut être imputée au contexte d'application (structure irrégulière à jardinée, nature du modèle de croissance utilisé et raisonnement par pied d'arbre). Pour résoudre ces difficultés, des modules informatiques ont été développés en Visual Basic 6.0. Ils comportent (1) un module pour la simulation de l'évolution des peuplements intégrant actuellement des équations différentielles de passage et devra par la suite comporter des possibilités de matrice de passage, tables classiques et équations linéaires, (2) un module de visualisation se basant principalement sur l'apport de la loi de distribution de probabilité de Weibull pour générer la structure des peuplements à partir de données dendrométriques de synthèse et (3) un autre module d'aide à la décision communiquant avec les outils de résolution des programmes linéaires (GLPK), des modèles en entier (algorithmes génétiques) et de la méthode multicritère (Electre III implémentée sous Ms Excel en VBA).

La définition des alternatives d'aménagement associées aux scénarios pourrait sous-entendre le développement et l'analyse de plusieurs plans d'aménagement à la fois. Ceci a été surmonté, dans notre cas, par l'automatisation de certaines des procédures d'évaluation des alternatives. Une autre solution pourrait se baser sur la réduction de l'éventail des séries-objectif disponibles et à les répartir entre les différentes alternatives ; voire même à ne pas en tenir compte à travers la formulation mathématique des préoccupations auxquelles elles répondent.

L'évaluation des performances des scénarios-alternatives a consisté à choisir un ensemble de critères et d'indicateurs, à évaluer les performances des scénarios par rapport à ceux-ci et à comparer leur performance en utilisant la méthode Electre III pour enfin identifier le meilleur scénario.

L'identification des critères et indicateurs a consisté à choisir ceux qui permettent d'apprécier au mieux la réalisation de chacun des objectifs recherchés par le gestionnaire. Certains des critères retenus n'ont pas été intégrés dans l'évaluation soit en raison de la difficulté de leur appréciation, soit en raison de l'éventualité de pénaliser un scénario par un critère susceptible de donner un plus grand poids à la fonction qui lui correspond. Au cours de cette mise en œuvre, le souci de maintenir une *famille cohérente* de critères et indicateurs a été observé (cf. 10.1.2).

Par rapport aux différents choix retenus et aux pondérations mises en œuvre, le scénario développement intégré se démarque globalement des

autres comme étant le meilleur. Toutefois, cette situation ne constitue pas la règle. Des cas d'incomparabilité peuvent être cités (cas des résultats obtenus avec certains jeux de poids), ce qui peut être décevant. Il est alors nécessaire de mener des discussions entre les acteurs concernés de façon à faire émerger la meilleure option ou à avoir recours à une approche d'agrégation complète (exemple Evamix).

Lors de l'évaluation finale, la composante multi-acteur n'a pas été explicitement analysée. Toutefois, la même démarche d'analyse de sensibilité peut être reprise pour cerner les préoccupations de plusieurs acteurs. Dans notre contexte, la robustesse des solutions obtenues et les limites inhérentes à cette étude n'ont pas justifié le recours à une validation sociale. Le recours aux approches itératives pourrait permettre une meilleure gestion des parties prenantes.

La démarche envisagée présente le mérite d'avoir identifié un ensemble cohérent de critères et indicateurs objectifs pour l'appréciation des différentes fonctions recherchées dans le cadre d'une gestion forestière multifonctionnelle. De même que l'utilisation de méthodes multicritère d'aide à la décision (Electre III, Evamix) a permis de procéder à l'identification du meilleur scénario en utilisant des critères et indicateurs de différente nature et en mettant en œuvre des systèmes de pondération répondant à plusieurs préoccupations.

La mise en œuvre de l'évaluation finale a permis, tout en imposant des contraintes de structure, d'améliorer la production à long terme des peuplements. Les résultats des simulations des scénarios développement intégré et parc dépassent ceux obtenus par la programmation linéaire. Ce qui diverge des cas classiques ou les résultats de la programmation linéaire constituent des objectifs à rechercher. Cet écart est dû aux modèles de croissance utilisés (accroissements moyens annuels pour la programmation linéaire et modèles sous la forme d'équations différentielles de passage pour la simulation). Les résultats aboutissent à une réduction des productions lors des cinq premières périodes de l'horizon de planification. Ceci permet la reconstitution du capital producteur sur pied et assure une meilleure productivité des peuplements en comparaison à ceux clairs actuels. Ainsi, la déviation des productions semble être logique au vu de la densité actuelle et de l'accroissement moyen annuel des peuplements sur pied qui reste en dessous de la productivité potentielle calculée dans des conditions écologiques similaires (El Kasri, 1982 ; Houssayni, 1983).

L'imposition d'une contrainte de régularité (équi-répartition des surfaces par classe d'âge) dans les modèles linéaires a conduit à une grande réduction de la production. Les modèles se basant sur les algorithmes génétiques et la

simulation, même en imposant des contraintes de structure dans les différentes unités de gestion (irrégulière à jardinée), parviennent à assurer une meilleure production. Ceci est assuré par un stock producteur sur pied optimal ; la production dépend en effet des caractéristiques dendrométriques des peuplements sur pied. Il en découle que le recours aux algorithmes génétiques et à la simulation a permis d'améliorer les résultats aussi bien en termes de production, de structure que de résultats finaux. Elle a permis de procéder à une capitalisation lors des 5 premières périodes d'aménagement pour intensifier la production par la suite.

L'évaluation des performances des scénarios et le choix du meilleur d'entre-eux dépendent des éléments de spatialisation retenus et propres à chaque scénario-alternative (choix qualitatifs comprenant l'emplacement des itinéraires de promenade, des installations, des équipements et mesures envisageables ainsi que des résultats de la procédure d'optimisation pour l'identification des itinéraires sylvicoles envisagés). Ceci signifie qu'à d'autres choix spatio-temporels correspondent d'autres résultats. On pourrait ainsi se poser la question de l'impact de la subjectivité des choix qualitatifs ; ne serait-il pas plus pertinent s'ils étaient développés par différentes personnes ?

Dans cette étude la validation de terrain des résultats obtenus n'a pas été entreprise. Pour l'étude des vocations, la validation n'a pas été envisagée à cause des données relativement récentes utilisées et qui ont été approuvées par l'administration dans le cadre de l'aménagement de la cédraie d'Ajdir. Pour les modèles de croissance, une vérification à posteriori, de l'évolution des peuplements est nécessaire. Elle portera sur la conformité des projections obtenues ou si elle s'écarte des réalités de terrain issues des inventaires précédant les interventions périodiques.

Une grande masse d'information semble être requise pour la mise en œuvre de l'évaluation des scénarios. Ceci est lié davantage à la nécessité d'apprécier la multifonctionnalité qu'à l'approche elle-même.

Des résultats émanant de différentes approches décisionnelles ont été intégrés pour identifier le scénario le plus opportun. Dans cette intégration, le recours à la composante prospective semble être lourd. Toutefois celle-ci s'est justifiée par le contexte social et par la dynamique qui lui est associée. Le recours aux algorithmes génétiques et à la simulation pour l'identification des décisions tactiques a été entrepris en imposant des itinéraires sylvicoles compatibles avec la série-objectif à laquelle appartient l'unité de gestion concernée. Ceci a présenté l'avantage de limiter le processus d'optimisation et de tenir compte de la multifonctionnalité de l'espace.

En définitive, selon l'importance du massif et l'échelle spatio-temporelle de réflexion, les composantes de la démarche peuvent être utilisées ou non de manière conjointe. Pour une grande échelle spatiale (échelle régionale ou d'une DREF), l'analyse prospective permet de cerner les enjeux et de faire émerger un consensus entre les acteurs concernés par le développement du territoire par rapport aux axes de gestion prioritaires. Pour une petite échelle spatiale, le recours à cette approche devrait être proscrit. De même, dans un espace voué à une seule fonction prédominante (exemple des reboisements de production), le recours aux techniques quantitatives semble être largement suffisant.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

De statut domanial, la forêt marocaine est appelée à jouer, en plus de ses fonctions habituelles de production, de protection et de récréation, une fonction sociale déterminante. Sa multifonctionnalité engendre des conflits d'usage qui se répercutent par certains dysfonctionnements. Ceux-ci associés à l'état actuel de la forêt marocaine plaident pour la nécessité de proposer des éléments de réponse aux problématiques posées. S'insérant dans cette finalité, le présent travail vise, à travers l'intégration des méthodes d'aide à la décision dans l'aménagement forestier, à faire valoir plus d'objectivité dans le processus de leur établissement, et à améliorer la planification forestière au Maroc.

La démarche proposée a été testée sur la cédraie d'Ajdir. Elle comporte, en plus du diagnostic socio-territorial, trois composantes. La première réservée aux décisions stratégiques et se base sur les approches quantitatives (programmation linéaire) et sur la définition d'un certain nombre de scénarios stratégiques (ainsi que leur traduction en alternatives d'aménagement). La seconde composante est relative aux décisions tactiques et vise l'implémentation spatio-temporelle des actes de gestion inhérents à chaque alternative (elle s'est basée sur les algorithmes génétiques et sur la simulation). La troisième composante consiste à choisir, parmi les scénarios-alternatives développés, du plus approprié (en ayant recours aux méthodes multicritère d'aide à la décision).

La première composante de la démarche est relative aux décisions stratégiques. Elle comporte deux approches. L'une est basée sur des modèles linéaires et elle a visé l'identification des niveaux maximaux à atteindre par les différents objectifs quantifiables. A travers le contexte d'application, on peut en conclure que la programmation linéaire constitue une puissante technique pour l'aménagement forestier. Elle permet d'analyser une énorme masse d'information. Les principales contraintes relevées sont inhérentes aux données fragmentaires et/ou absentes dans notre contexte ; l'utilité de ces techniques n'est pas à démontrer en cas d'une bonne connaissance de la croissance des espèces et/ou pour des horizons de planification qui ne sont pas très longs.

La seconde approche adoptée pour les décisions stratégiques a consisté en l'identification de scénarios prospectifs d'aménagement multifonctionnel de

la forêt. Elle a permis de cerner les dynamiques sociales et les tendances futures et d'en tenir compte lors de la définition des alternatives d'aménagement associées aux scénarios.

La deuxième composante de la démarche est relative aux décisions tactiques. Elle a consisté en l'identification des interventions envisageables et en la simulation de l'évolution des peuplements.

La troisième composante de la démarche est relative à l'évaluation des scénarios-alternatives et au choix du meilleur d'entre-eux. Les scénarios ont été jugés par rapport à des critères et indicateurs d'évaluation préalablement identifiés et ont été comparés en utilisant la méthode multicritère d'aide à la décision Electre III. L'évaluation sous-entend l'intégration des décisions tactiques.

A l'issue des évaluations et de la comparaison multicritère des scénarios-alternatives, le scénario développement intégré semble globalement le plus approprié au vu des pondérations et de ses performances. Dans le contexte d'application et même en optant pour une logique d'optimisation, la structure actuelle des peuplements impose de postposer des prélèvements intensifs en vue de permettre une reconstitution du capital productif sur pied.

Globalement, le scénario développement intégré surclasse le scénario parc. Ceci corrobore l'analyse prospective. En effet et en l'absence de « stratégie volontariste de l'Etat », il est difficile d'asseoir « *une maîtrise locale du développement* » centrée sur l'alternative associée au scénario parc naturel. Pour ce dernier, l'Administration devra promouvoir l'écotourisme en tant que première composante génératrice de revenus (compensant les pertes de revenus des riverains) ou éventuellement, s'inscrire dans le cadre des recommandations du *Millenium Assessment Report* (MEA, 2005) : donner un grand poids aux critères écologiques et biologiques (dans le même sens des résultats avec le système de pondération P5) ou intégrer des indicateurs d'évaluation susceptibles d'apprécier les services écosystémiques qui pourront être améliorés suite à la mise en place du parc.

En conséquence, certaines questions se posent avec légitimité. Elles portent sur les exigences éventuelles de la démarche proposée, de sa réponse aux nouveaux enjeux en matière d'aménagement et de gestion durable des forêts, et de son adaptabilité (ou éventuellement de ses composantes respectives).

Les données à mobiliser dépendent de la composante considérée et de la méthode. Ceci émane de leurs aspects modulaires. Il n'en demeure pas moins que des données relatives aux ressources forestières et à

l'appréciation de leur productivité sont d'une extrême importance. Leur connaissance reste de rigueur même pour les approches classiques de l'aménagement forestier. Sur le plan des études des vocations, les données restent facilement mobilisables. Toutefois et au-delà d'un éventuel diagnostic socio-économique, l'implémentation des besoins identifiés conjointement avec les populations locales est capitale pour instaurer des rapports de confiance ; il en va de l'image de l'administration. Ceci reste mobilisateur et nécessite le concours d'autres administrations dans la limite de leurs compétences respectives. Sur le plan des outils utilisés, l'apport des systèmes d'information au sens large et plus particulièrement des SIG est vital. Dans ce sens des systèmes de gestion de bases de données relationnelles à références spatiales (PostgreSQL) et de SIG (Grass ou Quantum GIS) Open Source semblent répondre parfaitement à ce besoin.

La démarche permet de tenir compte de la multifonctionnalité de la forêt. Mais, les contraintes de l'étude ne nous ont pas permis d'approfondir davantage l'intégration des préférences des acteurs dans la mise en œuvre du processus de décision. Toutefois, ceci reste envisageable de manière transparente à travers plusieurs jeux de seuil ou de poids, tel que cela a été présenté lors de l'analyse de sensibilité.

La programmation linéaire et/ou la programmation en entier peu(ven)t à elle(s) seule(s) être utilisée(s) dans un contexte caractérisé par un cycle sylvicole qui n'est pas très long et dans une gestion intensive (cas des plantations artificielles). L'approche par scénario pourrait être réservée aux espèces plus nobles et ayant une importance particulière et/ou pour une échelle spatiale plus importante (dans le contexte marocain on pourrait retenir celle d'une direction régionale des eaux et forêts : DREF).

La démarche proposée présente l'avantage de sa rigueur et constitue un préalable à une réduction des coûts des aménagements forestiers. Même si elle montre l'intérêt d'un système d'information d'aide à la décision, elle ne se substitue pas à l'apport humain dans le diagnostic et l'analyse. La perspective de réutilisation de la démarche par le HCEFLCD nécessite d'intégrer ses composantes dans le cadre d'un système d'information d'aide à la décision. Elle pourrait d'ores et déjà tirer profit des structures régionales existantes (Service des Etudes d'Aménagement des Forêts et de Bassins Versants). Ces structures devraient toutefois être renforcées en animateurs et spécialistes en communication ; les expériences et compétences acquises antérieurement dans le cadre de projets de développement local lancés par le HCEFLCD pourraient ainsi être capitalisées. Une initiation des futurs utilisateurs sur le contexte d'application de chacune des composantes de la démarche s'imposera.

En définitive, il nous semble nécessaire de souligner que même si la démarche répond aux nouveaux enjeux de l'aménagement forestier, il n'en demeure pas moins que la résolution des problématiques de dégradation des ressources forestières au Maroc et plus particulièrement dans le contexte spatial du Moyen Atlas suppose une profonde réflexion sur les questions de droit de propriété et de maîtrises foncières. Ainsi, les éléments de solution envisageables doivent contrecarrer les nouvelles stratégies d'adaptation des riverains. Cette finalité pourrait tirer profit des savoirs-faire ancestraux locaux quant à la gestion des ressources communautaires à travers la recherche du rétablissement des règles d'usage qui prévalait. Cette mise en œuvre pourra constituer la contre partie exigée pour l'octroi des compensations au titre des mises en défens. La quête d'une solution viable nous emmène à la question de l'aptitude et la volonté de l'administration forestière à mettre sur rail un tel chantier et à céder une part de son « hégémonie et de sa main mise »? Ceci nécessitera des efforts conjoints de plusieurs entités administratives et surtout une grande volonté de traiter des problèmes vieux de près d'un siècle.

Perspectives

En vue de mieux cerner les flux avec la ville, il serait très intéressant d'étudier la nature des relations qu'ont les immigrants vers leur territoire d'origine et la part des troupeaux des *nouveaux citadins* pâturent en forêt. Dans ce contexte, il faudrait repenser la notion d'éligibilité à la catégorie d'ayants droit de façon à mieux cerner les nouvelles évolutions et à susciter un consensus de la part des riverains.

Au vu des différences avec les autres contextes géographiques, il serait très important d'analyser l'impact des compensations pour les mises en défens sur la population locale dans le Moyen Atlas. Ceci pourrait être analysé à travers le degré de rétablissement des rapports de confiance entre les acteurs, la place de l'instance locale de régulation (association à mettre en place), les stratégies que développent les acteurs locaux pour contourner les règles mises en œuvre et la contribution de cette solution à une redéfinition du concept d'ayants droit (dans la mesure ou le bénéfice financier direct pourrait faire valoir la logique d'exclusion).

Sur le plan des tendances futures et des variables d'évolution du système, deux scénarios quantitatifs associés peuvent être analysés : énergie et eaux. Ils pourront chiffrer le montant de la solidarité amont-aval pour les ressources hydriques mobilisées par les zones de montagne.

Si la nature des critères et indicateurs et de la méthode d'agrégation utilisés admet une certaine incertitude quant aux données mobilisées, il n'en

demeure pas moins que la qualité des résultats est étroitement liée à leur précision. Ainsi et au vu de son éventuelle utilisation dans de nouveaux contextes, l'acquisition de données de productivité s'imposera. La validation des modèles de croissance utilisés sera alors nécessaire.

En vue de mettre à profit les développements informatiques réalisés dans le cadre de ce travail, des efforts seront consentis pour améliorer leur modularité, les optimiser, les documenter et développer des interfaces homme-machine. Ils seront réalisés par la cellule de développement informatique du projet informatisation de la gestion forestière (HCEFLCD).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abbab, A., Bedrani, S., Bourbouze, A., Chiche, J.,** 1995. Politiques agricoles et dynamique des systèmes agropastoraux au Maghreb. Les agricultures Maghrébines à l'aube de l'an 2000. Options Méditerranéennes B-14, 139-165.
- Aboulkhair, T.,** 2005. Contribution à l'étude d'un plan d'actions pour le développement de l'écotourisme dans le parc national d'Ifrane "circuit des lacs du Moyen Atlas". Mémoire de 3^{ème} Cycle, ENA, Meknès, Maroc.
- Achhal, A.,** 1979. Le chêne vert dans le Haut Atlas : Etude phytoécologique et problèmes posés par les aménagements de la chênaie. Thèse de Doctorat. Fac. Sc. et Tech. Saint Jérôme, Aix Marseille, France.
- AEFCS,** 1996a. Inventaire forestier national. Administration des Eaux et Forêts et de la Conservation des Sols. Rabat.
- AEFCS,** 1996b. Plan national d'aménagement de bassins versants. Administration des Eaux et Forêts et de la Conservation des Sols, Rabat.
- Alcamo, J., Kok, K., Busch, G., Priess, J., Eickhout, B., Rounsevell, M., Rothman, D. S., Heistermann, M.,** 2008. Searching for the future of land : Scenarios from the local to global Scale. *In: Springer Berlin Heidelberg (Ed.), Land-Use and Land-Cover Change. Local Processes and Global Impacts.* Springer Link.
- Al-Fawzan, M.,** 2000. Algorithms for estimating the parameters of the Weibull distribution, [consulté en juin 2008]. <http://interstat.statjournals.net/YEAR/2000/abstracts/0010001.php>
- Amend, S., Giraldo, A., Oltremari, J., Sánchez, R., Valarezo, V., Yereña, E.,** 2003. Management plans concepts and proposals. IUCN.
- Ameziane, S.,** 2002. Chêne vert du plateau central : dynamique des rejets après dépressage et caractéristiques technologiques de son bois (cas du dispositif expérimental de Boukachmir). Mémoire de 3^{ème} cycle, ENFI, Salé, Maroc.
- Ameziane, A.,** 2004. Essai de détection des défauts internes du cèdre de l'Atlas par la méthode des ultra-sons. Mémoire de 3^{ème} cycle, ENFI, Salé, Maroc.

- Amrani, Y.**, 2002. Contribution à l'inventaire phytosanitaire du cèdre dans la forêt de Sidi M'Guild canton d'Ain Kahla (Moyen Atlas). Mémoire de 3^{ème} cycle, ENFI, Salé, Maroc.
- André, P., Delisle, C. E., Revéret, J. P.**, 2003. Évaluation des impacts sur l'environnement : Processus, acteurs et pratiques pour un développement durable. Presses internationales polytechniques, Canada.
- Anonyme**, 2005. Organisation sociale : cas d'une vallée au sud-est marocain. [Consulté en décembre 2005]. <http://rbos.africa-web.org>
- Anonyme**, 2006. Pré-projet de création du parc national de Khénifra. Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification. Rabat, Maroc.
- Anonyme**, 2009. Biodiversité : résumé du « Millenium Assessment Report. [Consulté en février 2009]. www.eco-life.fr
- Arnould, P.**, 2001. L'administration des forêts. In: *Guide Gallimard la France des forêts*. Gallimard, Paris, 24-25.
- Arnould, P.**, 2002. Histoire et mémoire des aménagements forestiers. Ingénierie Eau Agriculture Territoires, *numéro spécial Aménagement Forestier*, 9-20.
- Aruga, K.**, 2005. Tabu search optimization of horizontal and vertical alignments of forest roads. *Journal of Forest Research* 10, 275-284.
- Auclair, L.**, 1996. L'appropriation communautaire des forêts dans le Haut Atlas Marocain. *Cah. Sc. Humaines* 32, 177-194.
- Baba, D.**, 1989. Possibilités de valorisation technologique du chêne vert par le sciage. Mémoire de 3^{ème} cycle, IAV Hassan II, Rabat, Maroc.
- Barbero, M., Bonnin, G., Loisel, R., Quezel, P.**, 1990. Changes and disturbances of forest ecosystems caused by human activities in the western part of Mediterranean basin. *Vegetatio* 87, 151-173.
- Barbero, M., Loisel, R.**, 1980. Le chêne vert en région méditerranéenne. *Rev. For. Fr.* XXXII, 531-543.
- Barbero, M., Loisel, R., Quezel, P.**, 1992. Biogeography, ecology and history of Mediterranean *Quercus ilex* ecosystems. *Vegetatio* 99-100, 19-34.
- Barreteau, O.**, 1998. Un système Multi-Agent pour explorer la viabilité des systèmes irrigués: dynamique des interactions et modes d'organisation. Thèse de Doctorat, ENGREF, Montpellier.
- Barette, Y.**, 1996. Aménagement de la forêt pour des fins de production ligneuse. In: *Université de Laval (Ed.)*, Manuel de foresterie. Quebec.

- Barrière, O.**, 1996. Gestion des ressources naturelles renouvelables et conservation des écosystèmes au Sahel : le foncier environnement. Thèse de Doctorat, Université Paris I, France.
- Barrow, C. J., Hicham, H.**, 2000. Two complimentary and integrated land uses of the western High Atlas Mountains, Morocco: the potential for sustainable rural livelihoods. *Applied Geography* 20, 369-394.
- Bekkari, L.**, 2005. Dynamique de la gestion locale des ressources communes et perception de la durabilité : cas du douar Toufesalt, commune rurale d'Ain Leuh (Moyen Atlas, Maroc). Mémoire de DEA, UCL, Belgique.
- Belfares, L., Kibi, W., Lo, N., Guitouni, A.**, 2007. Multi-objectives Tabu Search based algorithm for progressive resource allocation. *European Journal of Operational Research* 177, 1779-1799.
- Bell, S., Coudert, E.**, 2005. Guide d'utilisation 'Imagine' analyse systémique et prospective de durabilité. Cahier du plan bleu N°3.
- Bellarbi, M. A.**, 1999. Problématique d'un aménagement forestier participatif (cas du projet Oued Srou au Moyen Atlas). Mémoire de Master. CIHEAM-IAMM, Montpellier, France.
- Ben Ali, A.**, 2006. Aménagement étatique, gestion sociale de l'eau et dynamiques institutionnelles dans la PMH au Maroc : réflexions à partir du cas du Ghiss. Thèse de Doctorat, UCL, Belgique.
- Ben Menna, S.**, 2000. Introduction aux méthodes multicritères. *Biotechnol. Agronom. Soc. Environ.* 2004, 83-93.
- Benabid, A.**, 2002. Le Rif, le Moyen Atlas (Maroc) : biodiversité, menaces et préservation. *African Mountains High Summit*. Nairobi, Kenya.
- Benabid, A., Fennane, M.**, 1994. Connaissances sur la végétation du Maroc : biogéographie, phytosociologie et séries de végétation. *Lazaroa* 14, 21-96.
- Benchekroun, F.**, 1988. La forêt marocaine dans le développement économique et social du Moyen Atlas. Thèse de Doctorat, IAV Hassan II, Rabat, Maroc.
- Benzyane, M.**, 1999. Aménagement forestier : concept et évolution. In: *Le grand livre de la forêt marocaine*. Mardaga, Liège, pp. 126-144.
- Berkhout, F., Hertin, J., Jordan, A.**, 2001. Socio-economic futures in climate change impact assessment : using scenarios as 'learning machines'. Tyndall Centre for Climate Change Research, Working Paper 3. [Consulté en Juin 2006] http://www.tyndall.ac.uk/publications/working_papers/wp3.pdf
- Berkhout, F., Hertin, J., Jordan, A.**, 2002. Socio-economic futures in climate change impact assessment: using scenarios as 'learning

- machines'. *Global Environmental Change - Human and Policy Dimensions* 12, 83-95.
- Berrod, A.**, 1987. Phénologie et caractéristiques du régime de reproduction d'une espèce anémophile : le chêne vert, station de Puêchabon (Hérault). CEPE.
- Bettinger, P., Boston, K., Kim, Y. H., Zhu, J. P.**, 2007. Landscape-level optimization using tabu search and stand density-related forest management prescriptions. *European Journal of Operational Research* 176, 1265-1282.
- Bettinger, P., Graetz, D., Boston, K., Sessions, J., Chung, W. D.**, 2002. Eight heuristic planning techniques applied to three increasingly difficult wildlife planning problems. *Silva Fennica* 36, 561-584.
- Bettinger, P., Johnson, D. L., Johnson, K. N.**, 2003. Spatial forest plan development with ecological and economic goals. *Ecological Modelling* 169, 215-236.
- Bettinger, P., Lennette, M., Johnson, K. N., Spies, T. A.**, 2005. A hierarchical spatial framework for forest landscape planning. *Ecological Modelling* 182, 25-48.
- Bihat, S.**, 1987. Exploitation et transformation du bois de cèdre au Moyen Atlas. Mémoire de 3^{ème} cycle, IAV Hassan II, Rabat, Maroc
- Billand, A.**, 1996. Développement touristique des parcs de montagne au Maroc : principes de zonage et d'aménagement. *Rev. Géographie Alpine* 4, 94-108.
- Boisserie, M.**, 1990. Influence des traitements sylvicoles (exploitation à blanc, dépressage, éclaircies) sur la repousse et la croissance de taillis de chêne vert. Mémoire 3^{ème} année ENITEF, INRA-Avignon, France.
- Bonnin, G., Romane, F.**, 1996. Historique, dynamique et production des chênaies du Sud-Est français. Journées d'étude et d'information sur les chênes vert et blanc. Ass. Forêt Méditerranéenne, 11-12 janvier 1996, Aix-en-Provence (France).
- Borges, J.**, 2004. Information and communication technology in forest management. Séminaire sur la gestion multifonctionnelle des forêts méditerranéennes organisé par le CIHEAM, Solsona, Espagne.
- Borges, J., Hoganson, H. M., Falcao, A. O.**, 2002. Heuristics in multi-objectif forest management. *In: Pukkala, T. (Ed.): Sustainable forest management*. Kluwer Academic Publishers, Netherland.
- Boston, K., Bettinger, P.**, 2002. Combining tabu search and genetic algorithm heuristic techniques to solve spatial harvest scheduling problems. *Forest Science* 48, 35-46.

- Boudy, P.**, 1950. Economie forestière nord-africaine. La rose. Paris.
- Boujrout, S.**, 1996. La montagne dans la politique d'aménagement du territoire au Maroc. Rev. Géographie Alpine 84, 37-50.
- Boujrout, S., Bruston, M., Duhamel, P., Knafou, R., Sacareau, I.**, 1998. Les conditions de la mise en tourisme de la haute montagne et ses effets sur le territoire. L'apport d'une comparaison entre le Haut-Atlas et le Népal, mise en perspective à l'aide du précédent Alpin (exemple du massif du Mont-Blanc). Rev. Géographie Alpine 86(4), 67-82.
- Bourbouze, A.**, 1997. Des Agdals et des mouflons : protection des ressources et (ou) développement rural dans le parc naturel du Haut Atlas Oriental (Maroc). Courrier de l'environnement 30, 63-70.
- Bourbouze, A.**, 1999. Gestion de la mobilité et résistance des organisations pastorales des éleveurs du Haut Atlas marocain face aux transformations du contexte pastoral maghrébin. In: *NIAMIR-FULLER, M. (Ed.), Managing mobility in African rangeland: the legitimization of transhumant pastoralist*. IT Publications Ltd, London.
- Bourbouze, A., El Aich, A.**, 2000. Gestion des parcours et des troupeaux en régions steppiques et réponse à l'aléa climatique. In: *Guessous, Rihani (Eds.), Livestock production and climatic uncertainty in the Mediterranean*. Wageningen, pp. 307-319.
- Bourbouze, A.**, 2000. Pastoralisme au Maghreb, la révolution silencieuse, Fourrages 161, 3-21.
- Bourbouze, A., Gibon, A.**, 1999. Ressources individuelles ou ressources collectives? L'impact du statut des ressources sur la gestion des systèmes d'élevage des régions du pourtour méditerranéen. In: *Rubino, R., Morand-Fehr, P. (Eds.), Les systèmes de production ovine et caprine : organisations de l'élevage et rôle des structures de développement*. CIHEAM-IAM, pp. 289-309.
- Bourgenot, L.**, 1964. Manuel pratique d'aménagement. Ministère de l'Agriculture, Direction Générale des Eaux et Forêts. Paris.
- Bouri, F.**, 1983. Etude de la productivité du chêne vert en relation avec le milieu dans les versants atlantiques du Moyen Atlas. Mémoire d'Ingénieur, IAV Hassan II, Rabat, Maroc.
- Bourqia, R.**, 1990. Espace physique, espace mythique. Réflexions sur la représentation de l'espace tribal chez les Zemmour. In: *Bencherifa, A., Popp, H. (Eds.), Le Maroc : espace et société*. Passau, pp. 247-253.
- Bousson, E.**, 2003. Gestion forestière intégrée : approche basée sur l'analyse multicritère. Presses Agronomiques de Gembloux, Gembloux, Belgique.

- Boutefeu, B.**, 2005. L'aménagement forestier en France : à la recherche d'une gestion durable à travers l'histoire. *VertigO-La revue en sciences de l'environnement* 6, 1-8.
- Boyland, M.**, 2002. Simulation and optimization in harvest scheduling models. ATLAS-SIMFOR Project, extension report. University of British Columbia, Vancouver, Canada.
- Boyland, M., Nelson, J., Bunnell, F.L.**, 2004. Creating land allocation zones for forest management: a simulated annealing approach. *Canadian Journal of Forest Research* 34, 1669-1682.
- Boyland, M., Nelson, J., Bunnell, F.L., D'Eon, R.G.**, 2006. An application of fuzzy set theory for seral-class constraints in forest planning models. *Forest Ecology and Management* 223, 395-402.
- Brang, P., Courbaud, B., Fischer, A., Kissling-Naf, I., Pettenella, D., Schonenberger, W., Spork, J., Grimm, V.**, 2002. Developing indicators for the sustainable management of mountain forests using a modelling approach. *Forest Policy and Economics* 4, 113-123.
- Bresee, M.K., Le Moine, J., Mather, S., Broszofske, K.D., Chen, J.Q., Crow, T.R., Rademacher, J.**, 2004. Disturbance and landscape dynamics in the Chequamegon National Forest Wisconsin, USA, from 1972 to 2001. *Landscape Ecology* 19, 291-309.
- Bruciamacchie, M.**, 2004. Evolution des méthodes d'aménagements et approche participative. In : *CEMAGREF, ECOFOR. Approche participative de la gestion forestière : recueil des résumés*. Journées techniques de l'aménagement forestier, 29-30 avril, Paris. [Consulté en août 2006] <http://www.gip-ecofor.org/ecofor/docs/Compil.doc>.
- Brumelle, S., Granot, D., Halme, M., Vertinsky, I.**, 1998. A tabu search algorithm for finding good forest harvest schedules satisfying green-up constraints. *European Journal of Operational Research* 106, 408-424.
- Brundtland, Gro Harlem**, 1988. Notre avenir à tous. Editions du Fleuve, Montréal. Canada.
- Buongiorno, J.**, 2001. Quantifying the implications of transformation from even to uneven-aged forest stands. *Forest Ecology and Management* 151, 121-132.
- Buongiorno, J., Gilles, J. K.**, 2003. Decision methods for forest resource managers. Academic Press, Amsterdam.
- Burnett, C., Blaschke, T.**, 2003. A multi-scale segmentation: object relationship modelling methodology for landscape analysis. *Ecological Modelling* 168 : 233-249.
- Buttoud, G.**, 2001. Gérer les forêts du sud. Harmattan, Paris.

- Buttoud, G.**, 2002. Multipurpose management of mountain forests: which approaches? - Introduction. *Forest Policy and Economics* 4, 83-87.
- Buttoud, G., Yunusova, I.**, 2002. A 'mixed model' for the formulation of a multipurpose mountain forest policy. Theory vs. practice on the example of Kyrgyzstan. *Forest Policy and Economics* 4, 149-160.
- Carter, T. R., Hulme, M., Lal, M.**, 1999. Guidelines on the use of scenario for climate impact and adaptation assessment. Version 1. IPCC-TGCIA. Intergovernmental Panel on Climate Change, Task Group on Scenarios for Climate Impact Assessment.
- Cavalovic, J., Bosic, M., Bocina, A.**, 2006. Stand structure of uneven aged fir beech forest with an irregular diameter structure: Modelling the development of the Belvine forest, Croatia. *European Journal of Forest Research* 125, 325-333.
- CCFM**, 1997. Defining sustainable forest management: a Canadian approach to criteria and indicators. Can. For. Serv., Nat. Res. Canada, Ottawa, Canada.
- Chauveau, J. P.**, 2006. Le "modèle participatif" de développement rural est-il "alternatif"? Le bulletin de l'APAD 3. [Consulté en Février 2007]. <http://apad.revues.org/document380.html>.
- Chauvin, C.**, 2002. L'aménagement outil de suivi et de gestion durable. *Ingénieries Eau Agriculture Territoires N° spécial*, 29-34.
- Chauvin, C., Piroche, J. N.**, 2004. Gestion forestière et ingénierie écologique. *Ingénieries Eau Agriculture Territoires N° spécial Ingénierie écologique*, 37-45.
- Chermack, T., Lynham, S. A., Ruona, W.**, 2001. A review of scenario planning literature. *Futures Research Quarterly* 17, 7-31.
- Chiche, J.**, 1992. Pratiques d'utilisation des terres collectives au Maroc. In : *Bourbouze, A., Rubino, R. (Eds.), Terres collectives en Méditerranée*. Arts Grafica, FAO, pp. 41-56.
- Chiche, J.**, 1999. Tendances de l'exploitation des terres et perspectives foncières, les bénéfices d'une démarche pluridisciplinaire. *Options Méditerranéennes* 38, 311-326.
- Chilasse, L., Dakki, M., Abbassi, M.**, 2001. Valeurs et fonctions écologiques des zones humides du Moyen Atlas (Maroc). *Humedales Mediterráneos* 1, 139-146.
- Chilasse, L., Dakki, M.**, 2004. Potentialités et statuts de conservation des zones humides du Moyen Atlas (Maroc) avec référence aux influences de la sécheresse. *Sécheresse* 15(4), 337-345.
- Clutter, J. L.**, 1983. Timber management, a quantitative approach. John Wiley And sons.

- Colchester, M.**, 1996. Au-delà de la participation : peuples autochtones, conservation de la diversité biologique et aménagement des aires protégées. *Unasylva* 186, 33-38.
- Condez, S., Sterba, H.**, 2008. Comparing an individual tree growth model for *Pinus halepensis* Millin in the Spanish region of Murcia with yield tables gained from the same area. *European Journal of Forest Research* 127, 253-261.
- Côté, M. J., Poulin, G., Prév, C., ST-ONGE, B., Waub, J. P.**, 2001. Un système intégré d'aide à la décision pour gérer le territoire en tenant compte des dimensions environnementales et participatives du développement durable. Le cas du SIAD Outaouais, Québec, Canada. *Géocarrefour* 76 (3), 253-264.
- Davis, D. K.**, 2004. Desert 'wastes' of the Maghreb: desertification narratives in French colonial history of North Africa. *Cultural Geographies* 2004, 359-387.
- Davis, D. K.**, 2005. Potential forests: degradation narratives, science, and environmental policy in protectorate Morocco, 1912-1956. *Environmental History* 10, 211-238.
- Davis, D. K.**, 2007. Resurrecting the granary of Rome environmental history and French colonial expansion in North Africa. Ohio University Press, Athens.
- Davis, L. S., Johnson, N. k., Bettinger, P., Howard, T. E.**, 2001. Forest management to sustain ecological, economic, and social values. McGraw Hill, Boston.
- De Montis, A., De Toro, P., Droste, B., Omann, I., Stagl, S.**, 2005. Criteria for quality assessment of MCDA methods. In: *Getzner, M., Spash, C., Stagl, S. (Eds.): Alternatives for valuing nature*. Routledge.
- de Turckheim, B., Bruciamacchie, M.**, 2005. La futaie irrégulière, théorie et pratique de la sylviculture irrégulière et proche de la nature. EDISUD.
- Debazac, E. F.**, 1964. Manuel des conifères. ENGREF, Nancy.
- Derak, M., M'Hirit, O., Mouflih, B., Ettobi, M.**, 2008. Influence de la densité et du type de peuplement sur le dépérissement du cèdre à Sidi M'Guild (Moyen Atlas marocain). *Forêt Méditerranéenne* XXIX, 23-32.
- Dolisca, F., Carter, D.R., McDaniel, J.M., Shannon, D.A., Jolly, C.A.**, 2006. Factors influencing farmers' participation in forestry management programs: A case study from Haiti. *Forest Ecology and Management* 236, 324-331.

- Dolisca, F., McDaniel, J. M., Teeter, L. D.**, 2007. Farmers' perceptions towards forests: A case study from Haiti. *Forest Policy and Economics* 9, 704-712.
- Donadieu, P.**, 2002. *La Société paysagiste*. Arles : Actes Sud/ENSP. Versailles.
- Drengson, A. R., Taylor, D.**, 1997. *Ecoforestry: The Art and Science of Sustainable Forest Use*. New Society Publishers.
- Dubé, F.**, 2007. Étude sur la dynamique de succession et de régénération du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*) et du chêne vert (*Quercus rotundifolia*) dans le parc national d'Ifrane au Maroc. Mémoire de Master, Université de Sherbrooke.
- Dubourdieu, J.**, 1997. *Manuel d'aménagement forestier - gestion durable et intégrée des écosystèmes forestiers*. Tec & Doc Lavoisier. Paris.
- Ducrey, M.**, 1996. Recherches et expérimentations sur la conduite sylvicole des peuplements de Chêne vert. *Forêt Méditerranéenne* XVII, 151-168.
- Ducrey, M.**, 1999. Effets de l'éclaircie sur la croissance et le fonctionnement écophysologique d'un taillis de chêne vert. *Rev. For. Fr.* LI. 2, 326-340.
- El Azzouzi, K.**, 1995. Propriétés technologiques du bois du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*) : influence de la sylviculture pratiquée sur divers types de substrat. Thèse de Doctorat, ENGREF, Nancy.
- EL Hassani, A., Graf, P., Hamdaoui, M., Harrachi, K., Messaoudi, J., Mzibri, M., Stiki, A.**, 1994. Ravageurs et maladies des forêts au Maroc : guide pratique pour la protection phytosanitaire des forêts. Ministère de l'Agriculture, DPVCTRF, Rabat.
- El Idrissi, M.**, 1997. Réunion des coordonateurs nationaux sur les critères et indicateurs de la gestion durable des forêts du proche orient et de l'Afrique du Nord. Caire, Egypte. Rapport de mission, MDCEF, Rabat.
- El Kasri, M.**, 1982. Contribution à l'étude de la productivité en fonction des facteurs écologiques dans les forêts d'Itzer, Kerrouachen, Senoual et Ajdir. Mémoire de 3^{ème} cycle. IAV Hassan II, Rabat.
- El Yousfi, M.**, 1994. La santé du cèdre de l'Atlas au Maroc. *Annales de la Recherche Forestière au Maroc* 2, 593-611.
- Emberger, L.**, 1938. *Les arbres du Maroc et comment les reconnaître*. Larose.
- ESRI**, 2004. *Documentation technique d'ArcGIS 9.0*. ESRI. USA.
- Ezzahiri, M.**, 1989. Application de l'analyse numérique à l'étude phytoécologique et sylvicole de la cédraie du Moyen Atlas tabulaire :

- l'exemple de la cédraie de Sidi M'Guild. Thèse de Doctorat ès-sciences Agronomiques, IAV Hassan II, Rabat.
- Ezzahiri, M., Belghazi, B.**, 2000. Synthèse de quelques résultats sur la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas au Moyen Atlas (Maroc). *Sécheresse* 11, 79-84.
- Falcao, A. O., Borges, J. G.**, 2001. Designing an evolution program for solving integer forest management scheduling models: An application in Portugal. *Forest Science* 47, 158-168.
- Falcao, A. O., Borges, J. G.**, 2002. Combining random and systematic search heuristic procedures for solving spatially constrained forest management scheduling models. *Forest Science* 48, 608-621.
- FAO**, 1997. Ouvrages sur l'aménagement durable des forêts. Etudes FAO Forêts, FAO, Rome.
- FAO**, 2005. Thésaurus multilingue du foncier. FAO, Rome.
- Farcy, C.**, 2005. L'aménagement forestier à la croisée des chemins : Éléments de réponse au défi posé par les nouvelles attentes d'une société en mutation. Thèse de Doctorat, UCL, Belgique.
- Farcy, C.**, 2008. Forest planning. Scirus, Agricultural and Biological Sciences (Forestry). [Consulté en Juillet 2008] http://topics.scirus.com/Forest_planning.html?navbar=off
- Farcy, C., Devillez, F.**, 2005. New orientations of forest management planning from an historical perspective of the relations between man and nature. *Forest Policy and Economics* 7, 85-95.
- Fechtal, M., Kerrouani, M.**, 1997. Caractéristiques technologiques du bois du chêne vert et les possibilités de son utilisation dans la fabrication du parquet. *Annales de la recherche forestière* 30, 112-126.
- Ferber, J.**, 1995. Les systèmes multi-agents—vers une intelligence collective. InterEditions, Paris.
- Fergusson, I.**, 1996. Sustainable forest management. Oxford University Press, Melbourne, Australie.
- Ferraro, P.J., Kiss, A.**, 2002. Direct payments for biodiversity conservation. *Science* 23 (298), 1718-1719.
- Feuillette, S.**, 2001. Towards a demand management on a free-accessible watertable: exploring interactions between water resource and uses by multi-agent systems. Application to the Kairouan watertable, Center of Tunisia. ENGREF, Montpellier.
- Fischesser, B.**, 2004. La prise en compte de valeurs paysagères en gestion forestière. In : CEMAGREF, ECOFOR. *Approche participative*

- de la gestion forestière : recueil des résumés*. Journées techniques de l'aménagement forestier, 29-30 avril 2004, Paris. [Consulté en août 2006] <http://www.gip-ecofor.org/ecofor/docs/Compil.doc>.
- Fontaine, M., Aerts, R., Ozkan, K., Mert, A., Gulsoy, S., Suel, H., Waelkens, M., Muys, B.**, 2007. Elevation and exposition rather than soil types determine communities and site suitability in Mediterranean mountain forests of southern Anatolia, Turkey. *Forest Ecology and Management* 247, 18-25.
- FSF (Free Software Fondation)**, 1991. Licence publique générale GNU version 2 (traduction française). www.linux-france.org/article/these/licence/gpl/gpl.html.
- FSF**, 2008. GNU Linear Programming Kit: Modelling language GNU MathProg V4.30. [Consulté en août 2008] <http://www.gnu.org/software/glpk/>.
- Gélard, M. L.**, 2004. Protection par le sang et accord par le lait dans la tribu des Aït Khebbach (Sud-Est marocain). *Etudes rurales* 169-170, 9-27.
- Gellner, E.**, 2003. Les saints de l'Atlas. Traduction de P. Coatalen. Bouchène, Paris.
- Gérard, J.**, 2001. Projet réalisé au soutien financier du Conseil Général de l'Hérault et de la Communauté Européenne. (Objectif 5b-PRAD).
- Godet, M.**, 1997. Manuel de prospective stratégique. Tome I : Une indiscipline intellectuelle. Tome II : L'art et la méthode. Dunod, Paris.
- Godet, M.**, 2000. The art of scenarios and strategic planning: Tools and pitfalls. *Technological Forecasting and Social Change* 65, 3-22.
- Godet, M., Durance, Ph.**, 2006. Prospective stratégique : problèmes et méthodes. Cahier du LIPSOR N° 20.
- Godet, M., Monti, R., et al.**, 2004. Scenarios and strategies: A toolbox for problem solving. Lipsor working Paper, Paris, Laboratoire d'Investigation en Prospective, Stratégie et Organisation.
- Godet, M., Roubelat, F.**, 2000. Scenario planning: An open future. *Technological Forecasting and Social Change* 65, 1-2.
- Gould, J.**, 2007. Beyond 'Negotiation' challenges of participatory projects for the anthropology of development. Le bulletin de l'APAD *Le développement négocié : courtiers, savoirs, technologies*. [Consulté en juin 2007]. <http://apad.revues.org/document603.html>.
- Gouvernement du Québec**, 1998. La mise en œuvre de la gestion intégrée des ressources du milieu forestier : des recommandations. Ministère de l'Environnement et de la Faune et Ministère des Ressources Naturelles, Québec.

- Gove, J. H.**, 2003. Moment and maximum likelihood estimators for Weibull distributions under length- and area-biased sampling. *Environmental and Ecological Statistics* 10, 455-467.
- Graf, P., Mzibri, M.**, 1994. L'infestation du cèdre de l'Atlas *Cedrus atlantica* par la chenille processionnaire (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.) au Maroc et son impact sur la productivité. *Annales de la Recherche Forestière au Maroc* 2, 613-624.
- Graz, P.**, 2008. The behaviour of the measure of surround in relation to the diameter and spatial structure of a forest stand. *European Journal of Forest Research* 127, 165-171.
- Guitouni, A., Martel, J. M.**, 1998. Tentative guidelines to help choosing an appropriate MCDA method. *European Journal of Operational Research* 109, 501-521.
- Gunderson, L.**, 1999. Resilience, flexibility and adaptive management - antidotes for spurious certitude? *Conservation Ecology* 3(1), 7. [Consulté en Mai 2004]. <http://www.consecol.org/vol3/iss1/art7>.
- Hajkowicz, S., Collins, K.**, 2007. A review of multiple criteria analysis for water resource planning and management. *Water Resources Management* 21, 1553-1566.
- Hajkowicz, S., Higgins, A.**, 2008. Comparison of multiple criteria analysis techniques for water resource management. *European Journal of Operational Research* 184, 255-265.
- Hatfield, R., Davies, J., Wane, A., Kerven, C., Dutilly-Diane, C., Biber, J. P., Mereg, J. L., Odhiambo, M., Behnke, R., Gura, S.**, 2006. *Revue mondiale de l'économie du pastoralisme. Rapport présenté pour l'Initiative Mondiale pour un pastoralisme durable.* IUCN. Nairobi.
- HCEFLCD**, 2004. *Projet du développement rural participatif dans le Moyen Atlas central de la province de Khénifra.* Cellule du Projet Khénifra. HCEFLCD.
- HCEFLCD**, 2007. *Plan d'aménagement et de gestion du parc national d'Ifrane.* HCEFLCD, Rabat, Maroc.
- Herbert, I., Allegrini, C.**, 2000. *Typologie des peuplements irréguliers de Franche-Comté.* ONF.
- Héritier, S.**, 2007. Les parcs nationaux, entre conservation durable et développement local. *Géocarrefour* 82, 171-175.
- Hlal, E., A.**, 1988. *Goal programming multi-objective forest management an application to the cedar forest of Morocco.* PhD Thesis, IAV Hassan II, Rabat.

- Hoganson, H. M., Borges, J. G.**, 1998. Using dynamic programming and overlapping subproblems to address adjacency in large harvest scheduling problems. *Forest Science* 44, 526-538.
- Hoganson, H. M., Borges, J. G.**, 2000. Impacts of the time horizon for adjacency constraints in harvest scheduling. *Forest Science* 46, 176-187.
- Housni, Y.**, 1999. Utilisation de la programmation linéaire dans l'aménagement à objectifs multiples des forêts : une application à la forêt artificielle d'Eucalyptus. Mémoire de 3^{ème} cycle, ENFI, Salé.
- Houssayni, A.**, 1983. Contribution à l'étude de la productivité et du comportement du cèdre de l'Atlas. Mémoire de 3^{ème} cycle, IAV Hassan II, Rabat, Maroc.
- Huchon, H.**, 1975. Connaissance de la forêt. La maison rustique. Paris.
- Hulme, M., Jenkins, G. J., Lu, X., Turnpenny, J. R., Mitchell, T. D., Jones, R. G., Lowe, J., Murphy, J. M., Hassell, D., Boorman, P., McDonald, R., Hill, S.**, 2002. Climate change scenarios for the United Kingdom: The UKCIP02 Scientific Report. Tyndall Centre for Climate Change Research, School of Environmental Sciences, University of East Anglia, Norwich, UK.
- Ismaili, R.**, 2006. Les matorrals de romarin dans la région de l'Oriental au Maroc: gestion de la ressource et propositions de mise en valeur. Mémoire de Master, CIHEAM-IAMM, Montpellier.
- Jennane, L.**, 1986. Mutations récentes des campagnes du Moyen Atlas et de ses bordures, *Méditerranée* 4, 49-62.
- Jennane, L.**, 1990. Evolution des systèmes socio-économiques et différenciation spatiale au Moyen Atlas. In: *Bencherifa, A., Popp, H. (Eds.), Le Maroc : Espace et société*. Passau, pp. 63-71.
- Jennane, L.**, 1996. L'évolution des structures socio-spatiales du Moyen Atlas central : le cas du pays Amekla (Séfrou). *Rev. Géographie Alpine* 1996, 61-74.
- Joerin, F.**, 1997. Décider sur le territoire : proposition de SIG et de méthodes d'analyse multicritère. Thèse de Doctorat, Ecole Polytechnique Fédérale. Lausanne.
- Johnson, B. L.**, 1999. The role of adaptive management as an operational approach for resource management agencies. *Conservation Ecology* 3 (2), 8. [Consulté en mai 2004]. <http://www.consecol.org/vol3/iss2/art8>.
- Kangas, A., Heikkinen, E., Maltamo, M.**, 2004. Accuracy of partially visually assessed stand characteristics: a case study of Finnish forest

- inventory by compartments. Canadian Journal of Forest Research 34, 916-930.
- Kangas, J., Hokkanen, J., Kangas, A. S., Lahdelma, R., Salminen, P.,** 2003. Applying stochastic multicriteria acceptability analysis to forest ecosystem management with both cardinal and ordinal criteria. Forest Science 49, 928-937.
- Kangas, J., Kangas, A.,** 2005. Multiple criteria decision support in forest management - the approach, methods applied, and experiences gained. Forest Ecology and Management 207, 133-143.
- Kangas, J., Store, R., Kangas, A.,** 2005. Socioecological landscape planning approach and multicriteria acceptability analysis in multiple-purpose forest management. Forest Policy and Economics 7, 603-614.
- Kant, S.,** 2003. Extending the boundaries of forest economics. Forest Policy and Economics 5, 39-56.
- Karjala, M. K., Dewhurst, S. M.,** 2003. Including aboriginal issues in forest planning: a case study in central interior British Columbia, Canada. Landscape and Urban Planning 64, 1-17.
- Karjala, M. K., Sherry, E. E., Dewhurst, S. M.,** 2004. Criteria and indicators for sustainable forest planning: a framework for recording aboriginal resource and social values. Forest Policy and Economics 6, 95-110.
- Karsenty, A.,** 1999. Vers la fin de l'Etat forestier. Politique Africaine 75, 147-161.
- Karsenty, A.,** 2005. Les enjeux des réformes dans le secteur forestier en Afrique centrale. Cahiers du Gemdev 30, 219-239.
- Keeney, R.L., Raiffa, H., Meyer, R.,** 1993. Decisions with multiple objectives: Preferences and value tradeoffs. Cambridge University Press.
- Kent, B., Bare, B. B., Field, R. C., Bradley, G. A.,** 1991. Natural-resource land management planning using large-scale linear-programs - the Usda-Forest-Service Experience with Forplan. Operations Research 39, 13-27.
- Khatabi, A.,** 1981. Possibilités de valorisation technologique du chêne vert par le sciage. Mémoire de 3^{ème} cycle, IAV Hassan II, Rabat.
- Khatouri, M.,** 1992. Growth and yield of young *Quercus ilex* coppice stands in the Tafferte forest (Morocco). Vegetatio 100, 77-82.
- Khatouri, M.,** 1987. A Growth and yield model for uneven-aged cedar stands. Thèse de Doctorat, IAV Hassan II, Rabat, Maroc.

- Khatouri, M., Dennis, B.**, 1990. Growth and yield model for uneven aged *Cedrus atlantica* stands in Morocco. *Forest Ecology and Management* 36, 253-266.
- Khom, K. A., Franklin, J. F.**, 1997. *Creating forestry for the 21st century: the science of ecosystem management*. Island Press, Washington-DC.
- Kijazi, M. H.**, 2005. Possibility Schema for interdisciplinary forest management evaluation and decision making. *Forestry Chronicle* 81, 375-380.
- Kijazi, M. H., Kant, S.**, 2003. Conformance of Ontario's forest management planning with criteria and indicators of sustainable forest management. *Forestry Chronicle* 79, 652-658.
- Kimmins, J. P., Rempel, R. S., Welham, C., Seel, B., Van Rees, K. C. J.**, 2007. Biophysically sustainability, process based monitoring and forest ecosystem management decision support systems. *Forestry Chronicle* 83, 502-514.
- Kraus, W.**, 1998. Contestable identities: tribal structures in the Moroccan High Atlas. *Journal of the Royal Anthropological Institute* 4, 1-22.
- Lackey, R. T.**, 1998. Seven pillars of ecosystem management. *Landscape and Urban Planning* 40, 21-30.
- Lahmini, A.** 1993. Evaluation de la phytomasse des taillis de chêne vert (*Quercus rotundifolia*) du moyen Atlas oriental. Mémoire de 3^{ème} cycle, ENFI, Salé.
- Landry, M.**, 1995. A note on the concept of 'Problem'. *Organisation studies* 16, 315-343.
- Lavigne Delville, P.**, 2001. Gestion des ressources renouvelables dans le contexte de la décentralisation. *Etudes de l'AFD*.
- Le Coz, J.**, 1990. *Espaces méditerranéens et dynamiques agraires : Etat territorial et communautés rurales*. CIHEAM/UNESCO/MAB, Paris.
- Le Roy, E., Karsenty, A., Bertrand, A.**, 1996. *La Théorie des maîtrises foncières*. Karthala, Paris.
- Lee, K.N.**, 1999. Appraising adaptive management. *Conservation Ecology* 3 (2). [Consulté en juin 2004]. <http://www.consecol.org/vol3/iss2/art2>
- Leitao, A. B., Ahern, J.**, 2002. Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning. *Landscape and Urban Planning* 59, 65-93.
- Lequin, M.**, 2001. *Ecotourisme et gouvernance participative*. Presses de l'université de Québec, Québec.

- Leslie, A. J.**, 1997. Aménagement des forêts ombrophiles tropicales pour la production du bois. *In: Ouvrages sur l'aménagement durable des forêts*. FAO, pp. 19-36.
- Levine, J.**, 2004. Adaptive management in river restoration: Theory vs. practice in western North America, Term Project. University of California, Berkley.
- Lièvre, P., Traoré, M.K.**, 1998. Prospective en Milieu Rural, Modélisation des Systèmes Complexes et Intelligence Artificielle Distribuée. *Gestion de Territoires Ruraux : Connaissances et Méthodes pour la Décision Publique (CEMAGREF-ENGREF-ENITAC)*. 27-28 Avril, Clermont-Ferrand, France, pp. 348-358.
- Lu, F., Eriksson, L. O.**, 2000. Formation of harvest units with genetic algorithms. *Forest Ecology and Management* 130, 57-67.
- MADRPM**, 1999. Stratégie 2020 du développement rural. Ministère de l'Agriculture du Développement Rural et des Pêches Maritimes, Rabat, Maroc.
- Mahdi, M.**, 1993. L'organisation pastorale chez les Rheraya du Haut Atlas, production pastorale, droit et rituel. Thèse de Doctorat, Université Hassan II, Fac. Sci. Jurid. et Soc. Casablanca, Maroc.
- Mahdi, M.**, 1997. Le statut collectif des parcours entre le consensus de la collectivité et l'action individualisée. *Bourbouze, A., Msika, B., Nasr, N., et Sghaier Zaafouri, M. (Ed.)*. Options Méditerranéennes 32 [*Pastoralisme et foncier : impact du régime foncier sur la gestion de l'espace pastoral et la conduite des troupeaux en régions arides et semi-arides*], 31-38.
- Malingreau, J. P.**, 2004. Géomatique pour la recherche en Agronomie (notes de cours). UCL.
- Marell, J. M., Laroussinie, O., Krauchi, N., Matteucci, G., Anderson, F., Leitgeb, E.**, 2003. Scientific issues related to sustainable forest management in an ecosystem and landscape perspective. ECOFOR.
- Martel, J. M.**, 1999. Aide multicritère à la décision : méthodes et applications, CORS-SCRO Annual Conference 7-9 Juin, Windsor Canada.
- Martel, J. M., Rousseau, A.**, 1993. Cadre de référence d'une démarche multicritère de gestion intégrée des ressources en milieu forestier, Ministère du loisir de la chasse et de la pêche, Ministère des forêts et Ministère de l'environnement, Document technique 93/11, Québec.
- Martell, D. L., Gunn, E. A., Weintraub, A.**, 1998. Forest management challenges for operational researchers. *European Journal of Operational Research* 104, 1-17.

- Martins, I., Constantino, M., Borges, J. G.**, 2005. A column generation approach for solving a non-temporal forest harvest model with spatial structure constraints. *European Journal of Operational Research* 161, 478-498.
- Maselli, D. A.**, 1996. Contraintes d'une utilisation durable des ressources naturelles du Haut-Atlas : le cas du bassin intramontagnard de Tagoundaft. *Rev. Géographie Alpine* 84, 109-119.
- Maystre, L. Y., Pictet, J., Simos, J.**, 1994. Méthodes multicritères ELECTRE description, conseils pratiques et cas d'application à la gestion environnementale. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne.
- Maystre, L. Y., Boulinger, D.**, 1999. Aide à la négociation multicritère : pratiques et conseils. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.
- McDonald, G. T., Lane, M. B.**, 2004. Converging global indicators for sustainable forest management. *Forest Policy and Economics* 6, 63-70.
- McKean, M. A.**, 2000. Common property: What is it, what is it good for, and what makes it work? *Gibson, C. C., McKean, M., Ostrom E. (Eds.) : People and forests : communities, institution, and governance.* pp. 27-55.
- MDCEF (Ministère délégué chargé des Eaux et Forêts)**, 1998. Plan directeur des reboisements. Rabat.
- MDCEF**, 1999. Programme forestier national, Synthèse. Rabat.
- MEA (Millenium Ecosystem Assessment group)**, 2005. Millinum ecosystem assessment report. Vol 1: Ecosystem and human well being: Current state and trends; Vol 2 : Ecosystem and human well being: Scenarios ; Vol 3: Ecosystem and human well being: Policy responses; Vol 4: Ecosystem and human well being: Multiscale assessment. Island Press. Washington.
- Mekouar, M. A.**, 2001. Le droit a l'environnement dans la Charte africaine des droits de l'homme et des peuples. *Etude Juridique de la FAO* 16.
- Melhaoui, Y.**, 2002. Protection et gestion participative des écosystèmes forestiers du RIF. Deuxième atelier international sur la foresterie participative en Afrique : *Préparer l'avenir : des conditions de vie durables en milieu rural grâce à la gestion participative des ressources forestières*, 18-22 février 2002, Arusha, Tanzanie.
- Mendoza, G. A., Dalton, W. J.**, 2005. Multi stakeholders' assessment of sustainability: Multicriteria analysis and the case of the Ontario forest assessment system. *Forestry Chronicle* 81, 222-228.

- Mendoza, G. A., Martins, H.**, 2006. Multi-criteria decision analysis in natural resource management: A critical review of methods and new modelling paradigms. *Forest Ecology and Management* 230, 1-22.
- Mendoza, G. A., Prabhu, R.**, 2003. Qualitative multi-criteria approaches to assessing indicators of sustainable forest resource management. *Forest Ecology and Management* 174, 329-343.
- Merganic, J., Sterba, H.**, 2006. Characterisation of diameter distribution using the Weibull function method of moments. *European Journal of Forest Research* 125 (4), 427-439.
- Mermet, L.**, 2005. Etudier des écologies futures : un chantier ouvert pour les recherches prospectives environnementales. PIE-Peter Lang, Bruxelles.
- Messat, S.**, 1986. Matrix growth model of uneven-aged *Cedrus atlantica* of Sehb forest. PhD Thesis, IAV HASSAN II, Rabat.
- Messat, S.**, 1994. Modèle matriciel pour la croissance des futaies jardinées ou irrégulières de *Cedrus atlantica* (Manetti): cas de la forêt du Seheb au Moyen Atlas du Maroc. *Annales de la Recherche Forestière au Maroc* 27, 313-319.
- M'hirit, O.**, 1990. Etat actuel des connaissances sur le cèdre, éléments pour un programme de recherche. *Silva mediterranea-FAO*, Rome.
- M'hirit, O.**, 1994. Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) présentation générale et état des connaissances à travers le réseau Silva Mediterranea "le Cèdre". *Annales de la Recherche Forestière au Maroc* 2, 3-21.
- M'hirit, O.**, 1999. La forêt : nécessité de la sylviculture. In: *Le grand livre de la forêt marocaine*. Mardaga, Liège, pp. 114-125.
- Miller, W., Collins, M., Steiner, F., Cook, E.**, 1998. An approach for greenway suitability analysis. *Landscape and Urban Planning* 42, 91-105.
- Mimi, Z. A., Smith, M. D.**, 1999. Selection of water resources management options, 25th WEDC Conference: Integrated development for water supply and sanitation, Ethiopia, pp. 412-415.
- Mitas, L., Mitsova, H.**, 1998. Distributed soil erosion simulation for effective erosion prevention. *Water Resources Research* 34, 505-516.
- Mitsova, H., Hofierka, J., Zlocha, M., Iverson, L.R.**, 1996. Modelling topographic potential for erosion and deposition using GIS. *International Journal of Geographical Information Systems* 10, 629-641.
- Mitsova, H., Hofierka, J., Zlocha, M., Iverson, L. R.**, 1997. Modelling topographic potential for erosion and deposition using GIS-Reply.

- International Journal of Geographical Information Science 11, 611-618.
- Mitchell, S. A.**, 2004. Operational forest harvest scheduling optimisation: a mathematical model and solution strategy. PhD Thesis, University of Auckland.
- Moffett, A., Sarkar, S.**, 2006. Incorporating multiple criteria into the design of conservation area networks: a minireview with recommendations. *Diversity and Distributions* 12, 125-137.
- Montignoul, M.**, 1997. Une approche économique de la gestion d'eau d'irrigation : des instruments de l'information et des acteurs. Thèse de Doctorat, Université de Montpellier 1.
- Morandini, R.**, 1981. Sylviculture des forêts de chênes méditerranéens. *Revue Forestière Française* XXXIII, 140-148.
- Morelle, D., Lejeune, Ph.**, 2000. Elaboration d'une méthode quantitative et globale d'évaluation de l'aptitude des terres à l'agriculture : application à la Région wallonne (Belgique). *Biotechnol. Agronom. Soc. Environ.* 4, 51-57.
- Moufaddal, M.**, 2007. Les tendances en matière de propriété forestière, de mode de faire valoir des ressources forestières et des arrangements institutionnels. Cas du Maroc. Rome, FAO.
- Mouna, M., Graf, P.**, 1994. Les ravageurs xylophages et sous corticaux du cèdre. In: *Ravageurs et Maladies des Forêts au Maroc "Guide pratique pour la protection phytosanitaire des forêts"*. Ministère de l'Agriculture et de la Mise en Valeur Agricole, DPVCTRF, Rabat, pp. 54-56.
- Mounir, F.**, 2002. Conception d'un système d'information géographique pour l'aménagement et la gestion forestière au Maroc. Intégration des critères et indicateurs du développement durable : Application à la Forêt de la Maâmora. Thèse de Doctorat, UCL, Belgique.
- Mousseau, V.**, 1993. Problèmes liés à l'évaluation de l'importance relative des critères en aide multicritère à la décision. Réflexions théoriques, expérimentations et implémentations informatiques. Thèse de Doctorat, Université Paris-Dauphine.
- Mrosek, T., Balsillie, D., Schleifenbaum, P.**, 2006. Field testing of a criteria and indicators system for sustainable forest management at the local level. Case study results concerning the sustainability of the private forest Haliburton forest and wild life reserve in Ontario, Canada. *Forest Policy and Economics* 8, 593-609.
- Murphy, G.**, 1998. Allocation of stands and cutting patterns of logging using a tabu search heuristic. *Journal of forest engineering*, 31-37.

- Murray, A. T., Goycoolea, M., Weintraub, A.,** 2004. Incorporating average and maximum area restrictions in harvest scheduling models. *Canadian Journal of Forest Research* 34, 456-464.
- Murray, A. T., Weintraub, A.,** 2002. Scale and unit specification influences in harvest scheduling with maximum area restrictions. *Forest Science* 48, 779-789.
- Munda, G.,** 2003. Between science and democracy: the role of social multicriteria acceptability. *Groupe de travail européen aide multicritère à la décision* 3, 1-5.
- Munson, H.,** 1989. On the irrelevance of the segmentary lineage model in the Moroccan Rif. *Journal of the Royal Anthropological Institute* 91, 386-400.
- Munson, H.,** 1993. Rethinking Gellner's segmentary analysis of Morocco's Ait Atta. *Man Nez Series* 28, 267-280.
- Muttenzer, F.,** 2008. L'aménagement forestier négocié à Madagascar, organisation et apprentissage collectif. V^{ème} journées scientifiques de l'Agence Universitaire de la Francophonie (Economie de l'environnement et développement), 27 au 28/09/2008, Montréal.
- Nanang, D. M.,** 1998. Suitability of the Normal, Log-normal and Weibull distributions for fitting diameter distributions of neem plantations in Northern Ghana. *Forest Ecology and Management* 103, 1-7.
- Naggar, M., M'Hirit, O.,** 2006. L'arganeraie : un parcours typique des zones arides et semi-arides marocaines. *Sécheresse* 17(1-2) : 314-317.
- Nori, M.,** 2006. Moyens mobiles d'existence, ressources fragmentaires, droits variables : appréhender les territoires pastoraux. Document de travail préparé pour le groupe international land coalition.
- Nori, M., Taylor, M., Sensi, A.,** 2008. Droits pastoraux, modes de vie et adaptation au changement climatique. *Dossiers de l'IIED* 148, 1-26.
- Oberti, S., Oberti, P.,** 2001. Révélation et protection du patrimoine historique dans une optique de développement durable. *Colomi, A., Paruccini, M., Roy, B. (Ed.). A-MCD-A*, 231-245.
- Oglethorpe, J.,** 2002. Adaptive management from theory to practice. IUCN.
- OMT,** 2002. Stratégie de développement du tourisme rural. Ministère de l'Economie, des Finances, de la Privatisation et du Tourisme, Direction des Aménagements et des Investissements. Rabat.
- O'Neill, R. V., De Angelis, D. L., Waide, J. B., Allen, T. F. H.,** 1986. A hierarchical concept of ecosystems. Princeton University Press, Princeton.

- ORT**, 1992. La filière bois au Maroc : Etude sur la protection et la commercialisation du bois et des produits dérivés (Project Gharb-Mamora). Union Mondiale. Londres.
- Ortigosa, G. R., De Leo, G. A., Gatto, M.**, 2000. VVF: integrating modelling and GIS in a software tool for habitat suitability assessment. *Environmental Modelling & Software* 15, 1-12.
- Ouelmouhoub, S.**, 2005. Gestion multi-usage et conservation du patrimoine forestier : cas des subéraies du Parc National d'El Kala (Algérie). Mémoire de Master, *CIHEAM-IAMM*, Montpellier, France.
- Oulidi, A.**, 1979. Possibilités d'utilisation des bois marocain du chêne vert et du chêne liège comme traverse de chemin de fer. Mémoire de 3^{ème} cycle. IAV Hassan II, Rabat.
- Oury Bah, M., Jean, B., Trouvé, J.**, 1996. Forêts, politique forestière et gestion des ressources naturelles en Guinée. Groupe de recherche des nations unies pour le développement social.
- Palahi, M., Pukkala, T., Blasco, E., Trasobares, A.**, 2007. Comparison of Beta, Johnson's SB, Weibull and Truncated Weibull functions for modelling the diameter distribution of forest stands in Catalonia (north-east of Spain). *European Journal of Forest Research* 126, 563-571.
- Pardé, J.**, 1999. Des temps gallo-romains aux temps contemporains : premiers pas et progrès des aménagements. *Rev. For. Fr.* 51, 23-43.
- PARTEX**, 1997. Schéma directeur d'aménagement du Rif. HCEFLCD, Rabat.
- Pérez-Díaz, C.**, 2003. Théorie de la décision et risques routiers. *Cahiers Internationaux de Sociologie* 1, 143-160.
- Perman, R., McGlivery, J., Common, M.**, 2005. Natural resources and environmental economics. Longman.
- Peyron, J. L.**, 1999. L'aménagement forestier : une discipline ancienne, évolutive et féconde. *Rev. For. Fr.* 51, 13-20.
- Pictet, J.**, 1996. Dépasser l'évaluation environnementale. Procédure d'étude et insertion dans la décision globale. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. Lausanne.
- Planté, S., André, P.**, 2002. La gestion communautaire des ressources naturelles, cadre de référence pour une réflexion sur les communautés locales. *Canadian Journal of Regional Science* 25, 117-132.
- POS (Projet Oued Srou)**, 1994. Pour une approche participative et intégrée, expérience du projet Oued Srou. Communication à l'atelier de réflexion : pour une approche concertée de développement et de protection de l'environnement- cas des zones de montagne. Rabat.

- Poux, X.**, 2002. Quelle prospective de l'agriculture de la Seine amont? Trois scénarios pour le bassin de la Marne. Paris, Centre National de la Recherche Scientifique.
- Pujos, A.**, 1964. Etude d'une classification des cédraies du Moyen Atlas et du Rif en fonction du sol, du climat et de la régénération actuelle dans les peuplements. Annales de la recherche forestière 8, 1-283.
- Pukkala, T., Heinonen, T.**, 2006. Optimizing heuristic search in forest planning. Nonlinear Analysis-Real World Applications 7, 1284-1297.
- Pukkala, T., Kangas, J.**, 1993. A heuristic optimization method for forest planning and decision-making. Scandinavian Journal of Forest Research 8, 560-570.
- Pukkala, T., Kangas, J.**, 1996. A method for integrating risk and attitude toward risk into forest planning. Forest Science 42, 198-205.
- Pukkala, T., Kurttila, M.**, 2005. Examining the performance of six heuristic optimisation techniques in different forest planning problems. Silva Fennica 39, 67-80.
- Pukkala, T.**, 1998. Multiple risks in multi-objective forest planning: integration and importance. Forest Ecology and Management 111, 265-284.
- Raadgever, T. G. T., Mostert, E., Kranz, N., Interwies, E., Timmerman, J. G.**, 2008. Assessing management regimes in transboundary river basins: Do they support adaptive management? Ecology and society 13, 1-21.
- Rabach, L.**, 2008. Projet Khénifra : Assister les organisations paysannes sans les instrumentaliser. [Consulté en juin 2007]. http://www.tanmia.ma/article.php3?id_article=9031
- Richards, E. W., Gunn, E. A.**, 2000. A model and tabu search method to optimize stand harvest and road construction schedules. Forest Science 46, 188-203.
- Richards, E. W., Gunn, E. A.**, 2003. Tabu search design for difficult forest management optimization problems. Canadian Journal of Forest Research 33, 1126-1133.
- Riitters, K. H., O'Neill, R. V., Jones, K. B.**, 1997. Assessing habitat suitability at multiple scales: A landscape level approach. Biological Conservation 81, 191-202.
- Roberts, H.**, 2002. Perspectives on Berber politics: On Gellner and masqueray, or Durkheim's mistake. Journal of the Royal Anthropological Institute 8, 107-126.
- Rousseau, A., et al.**, 1998. Démarche multicritère poursuivie dans la réserve faunique des Laurentides, Rapport de synthèse préparé pour

- le gouvernement du Québec, Ministère des ressources naturelles, Ministère de l'environnement et de la faune. Gestion intégrée des ressources, RN 97/3103.
- Roy, B.**, 1985. Méthodologie multicritère d'aide à la décision. Economica, Paris.
- Roy, B., Bouyssou, D.**, 1993. Aide multicritère à la décision, méthodes et cas. Economica, Paris.
- Saaty, T. L.**, 1984. Décider face à la complexité. ESF, Paris.
- Schärlig, A.**, 1985. Décider sur plusieurs critères, panorama de l'aide à la décision multicritère. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne.
- Schluter, A.**, 2007. Institutional change in the forestry sector - The explanatory potential of new institutional economics. *Forest Policy and Economics* 9, 1090-1099.
- Schoenenberger, A.**, 1975. Cours d'écologie et de botanique forestière. ENFI, Salé, Maroc.
- Schoenenberger, A.**, 1980. Cours de dendrométrie. ENFI, Salé, Maroc.
- Schwartz, O.**, 1964. *Flora Europea : Quercus in Tutin*. T.G, University press, Cambridge. London.
- Schomaker, P. J. H.**, 1995. Scenario planning: A tool for strategic thinking. *Sloan Management Review* 36, 25-40.
- Schwartz, P.**, 1991. The art of the long view: Planning for the future in an uncertain world. Currency Doubleday, New York.
- Sheppard, S. R. J.**, 2005. Participatory decision support for sustainable forest management: A framework for planning with local communities at the landscape level in Canada. *Canadian Journal of Forest Research* 35, 1515-1526.
- Sheppard, S. R. J., Meitner, M.**, 2005. Using multi-criteria analysis and visualisation for sustainable forest management planning with stakeholder groups. *Forest Ecology and Management* 207, 171-187.
- Sherry, E., Halseth, R., Fondahl, G., Karjala, M., Leon, B.**, 2005. Local-level criteria and indicators: An Aboriginal perspective on sustainable forest management. *Forestry* 78, 513-539.
- Simos, J.**, 1990. Evaluer l'impact sur l'environnement. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne.
- Siriex, A.**, 2003. Le paysage agricole: Un essai d'évaluation. Thèse de Doctorat, Université de Limoges.
- Smeets, E., Weterings, R.**, 1999. Environmental Indicators: Typology and overview. Copenhagen, European Environment Agency.

- Southworth, J., Nagendra, H., Munroe, D. K.**, 2006. Introduction to the special issue: Are parks working? Exploring human- environment tradeoffs in protected areas conservation. *Applied Geography* 26, 87-95.
- Steiner, F., McSherry, L., Cohen, J.**, 2000. Land suitability analysis for the upper Gila River watershed. *Landscape and Urban Planning* 50, 199-214.
- Store, R., Jokimaki, J.**, 2003. A GIS-based multi-scale approach to habitat suitability modelling. *Ecological Modelling* 169, 1-15.
- Store, R., Kangas, J.**, 2001. Integrating spatial multi-criteria evaluation and expert knowledge for GIS-based habitat suitability modelling. *Landscape and Urban Planning* 55, 79-93.
- Strategor**, 1988. *Stratégie, structure, décision, identité*. Inter Editions, Paris.
- Stringer, L. C., Dougill, A. J., Fraser, E., Hubacek, K., Prell, C., Reed, M.**, 2006. Unpacking "Participation" in the adaptive management of social-ecological systems: a Critical review. *Ecology and society* 11, 1-22.
- Tarp, P., Helles, F.**, 1997. Spatial optimization by simulated annealing and linear programming. *Scandinavian Journal of Forest Research* 12, 390-402.
- Tarrier, M., Delacre, J.**, 2007. La cédraie dans tous ses états : Sur les chemins de la cédraie. [Consulté en juillet 2008]. <http://homepage.mac.com/jdelacre/carnets/page8/page9/page9.html>.
- Tawfik, A.**, 1999. La forêt dans la civilisation marocaine. In: *Le grand livre de la forêt marocaine*. Mardaga, Liège, pp. 24-30.
- Temesgen, H., Gadow, K. V.**, 2004. Generalized height- diameter models- an application for major tree species in complex stands of interior British Columbia. *European Journal of Forest Research* 123, 45-51.
- Terrasson, D.**, 2002. Aménités, fonctions non marchandes et aménagement forestier. *Ingénierie Eau Agriculture Territoires N° spécial Aménagement Forestier*, 57-62.
- Tervonen, T., Figueira, J., Lahdelma, R., Salminen, P.**, 2005. An inverse approach for ELECTRE III (2nd Revision). Institute of Systems Engineering and Computers, Serie N° 20. Coimbra, Portugal.
- TIES** (The International Ecotourism Society), 2007. Declaration d'Oslo sur l'écotourisme. [Consulté en mars 2008]. <http://www.box.net/shared/static/c6ivv1d1fm.pdf>

- Tille, M.**, 2000. Choix de variantes d'infrastructures routières : méthodes multicritères. Thèse de Doctorat. Ecole Fédérale Polytechnique de Lausanne.
- Trabaud, L.**, 1996. Réponses du chêne vert et du chêne blanc à l'action du feu. *Forêt Méditerranéenne* 3, 252.
- Tsoukias, A.**, 2007. On the concept of decision aiding process: an operational perspective. *Annals of Operations Research* 154, 3-27.
- Tsoukias, A.**, 2008. From decision theory to decision aiding methodology. *European Journal of Operational Research* 187, 138-161.
- TToba**, 2002. Dossier d'aménagement de la cédraie d'Ajdir. HCEFLCD. Rabat, Maroc.
- Turner, B. J., Chikumbo, O., Davey, S. M.**, 2002. Optimisation modelling of sustainable forest management at the regional level: an Australian example. *Ecological Modelling* 153, 157-179.
- UICN**, 1994. Lignes directrices pour les catégories de gestion des aires protégées. UICN.
- Vacik, H., Lexer, M. J.**, 2001. Application of a spatial decision support system in managing the protection forests of Vienna for sustained yield of water resources. *Forest Ecology and Management* 143, 65-76.
- Van Damme, L., Russell, J. S., Doyon, F., Duinker, P. N., Gooding, T., Hirsch, K., Rothwell, R., Rudy, A.**, 2003. The development and application of a decision support system for sustainable forest management on the Boreal Plain. *Journal of Environmental Engineering and Science* 2, S23-S34.
- Vincke, P.**, 1989. L'aide multicritère à la décision. ULB-Ellipses. Bruxelles
- Von Gadow, K.**, 2000. Evaluating risk in forest planning models. *Silva Fennica* 34, 181-191.
- Von Gadow, K., Puumalainen, J.**, 2000. Scenario planning for sustainable forest management. In: *Von Gadow, K., Pukkala, T., Tomé, M. (Eds.), Sustainable forest management*. Kluwer, pp. 319-356.
- Voogd, H.**, 1983. Multicriteria evaluation for urban and regional planning. PION, London.
- Waub, J. P., Martin, N., Mareschal, B.**, 1998. Multicriteria approach to integrated resource management. (Communication personnelle du manuscrit soumis pour publication).
- Walters, C. J.**, 1997. Challenges in adaptive management of riparian and coastal ecosystems. *Conservation Ecology* 1 (2). [Consulté en mai 2007]. <http://www.consecol.org/vol1/iss2/art1/>

- Wang, S.**, 2004. One hundred faces of sustainable forest management. *Forest Policy and Economics* 6, 205-213.
- Wang, S.**, 2002. Wicked problems and metaforestry: Is the era of management over? *Forestry Chronicle* 78, 505-510.
- Wang, S., Wilson, B.**, 2007. Pluralism in the economics of sustainable forest management. *Forest Policy and Economics* 9, 743-750.
- Ware, G. O.**, 1968. A mathematical programming system for the management of industrial forests. PhD Thesis. University of Georgia.
- Weintraub, A., Church, R. L., Murray, A. T., Guignard, M.**, 2000. Forest management models and combinatorial algorithms: analysis of state of the art. *Annals of Operations Research* 96, 271-285.
- Weintraub, A., Murray, A. T.**, 2006. Review of combinatorial problems induced by spatial forest harvesting planning. *Discrete Applied Mathematics* 154, 867-879.
- Weistein, E. W.**, 2008. Weibull distribution. [Consulté en juillet 2008]. <http://mathworld.wolfram.com/WeibullDistribution.html>.
- Wittrock, V., Weathon, E., Kulshreshta, S.**, 2005. Climate change, ecosystem and water resources: Modelling and impact scenarios for the South Saskatchewan river basin, Canada: A working paper for institutional adaptation to climate change project. University of Regina, Saskatchewan.
- Wollenberg, E., Edmunds, D., Buck, L.**, 2000a. Using scenarios to make decisions about the future: Anticipatory learning for the adaptive co-management of community forests. *Landscape and Urban Planning* 47, 65-77.
- Wollenberg, E., Edmunds, D., Buck, L.**, 2000b. Anticipating change: Scenarios as tool for adaptive forest management a guide. CIFOR, Jakarta, Indonesia.
- Yaffee, S. L.**, 1999. Three faces of ecosystem management. *Conservation Biology* 13, 713-725.
- Zeng, H. C., Pukkala, T., Peltola, H.**, 2007. The use of heuristic optimization in risk management of wind damage in forest planning. *Forest Ecology and Management* 241, 189-199.
- Ziad, M.**, 1981. Chêne vert : technique d'exploitation, études technico-économique d'une unité d'exploitation. Mémoire de 3^{ème} cycle, IAV Hassan II, Rabat, Maroc.
- Zine El Abidine, A.**, 2003. Le dépérissement des forêts au Maroc : analyse des causes et stratégie de lutte. *Sécheresse* 14, 209-218.

- Zoller, H. G., Beguin, H.,** 1992. Aide à la décision : Evaluation des projets d'aménagement. Economica, Paris.
- Zugmeyer, L.,** 2006. Projet de développement sylvopastoral de l'Arganeraie marocaine (commune rurale de Tiout, Taroudant). Mémoire d'Ingénieur. ENGREF.

ANNEXES

Le contenu du CD joint au présent document est explicité sur le fichier « content.txt ». Ledit CD regroupe l'ensemble des annexes citées dans le document. Ces annexes peuvent être détaillées comme suit :

- Annexe 1 : le dossier « fractions » comporte un fichier désigné « A1.doc ». Ce dernier comporte le profil historique des fractions et les transects réalisés dans la zone d'étude.
- Annexe 2 : le dossier « Modèles de programmation linéaire » comporte deux fichiers. Le premier « A2.doc » regroupe les séquences d'aménagement retenues ainsi que le modèle de programmation linéaire écrit en langage MathProg. Ce modèle figure également sur le fichier « fo_bois.mod ».
- Annexe 3 : le dossier « Décisions tactiques » comporte deux fichiers. Le premier « A3.doc » comporte un exemple de modèle utilisé pour la stratégie continuité ainsi que les résultats des simulations en utilisant les algorithmes génétiques pour les scénarios parc et développement intégré. Le modèle de résolution utilisé pour la stratégie continuité est sauvegardé séparément sous le nom de fichier « tact_cont.mod »
- Annexe 4 : le dossier « programmes développés » comporte : (i) un document du même nom comportant les programmes jugés important (en SQL relatifs à la structure de la base de données et en VB relatifs à : la gestion de la distribution de Weibull, l'intégration numérique, le modèle de croissance, ...etc.), (ii) un fichier MS Excel implémentant la méthode Electre III avec son analyse de sensibilité et (iii) d'autres sous répertoires dont le contenu est explicité dans les fichiers « content.txt ». Ces sous répertoires comprennent des exemples de structure de base de données utilisées pour les simulations. Le fichier « bet__2.mdb » comprend un module de classe qui implémente l'algorithme génétique ainsi que d'autres modules pour la simulation de l'évolution des peuplements.
- Annexe 5 : le dossier « Graphs » contient deux fichiers « cartes.doc » et « graphs.doc ». Le premier regroupe les cartes présentes sur le document et ce à une plus grande échelle (pour impression A4 ou A3). Le deuxième fichier comporte des histogrammes de structure des peuplements de certaines parcelles. Les structures des peuplements des différentes unités de gestion issues des simulations sont consignées dans la base de données des résultats (comparaison2).