

**ANALYSE GEOSPATIALE DE L'OCCUPATION DU SOL
DANS LA FORÊT CLASSEE DE KASSAS**

Chapitre I : MATERIELS ET METHODES UTILISES POUR LA CARTOGRAPHIE

1. Données de base

L'établissement de la cartographie diachronique de l'occupation du sol dans la forêt classée de Kassas nous a permis d'obtenir des informations sur les caractéristiques des formations végétales, leur étendue ainsi que leur état en 1954, 1988 et 1999 (tableau 1). Les cartes sont réalisées à partir d'images de la forêt à ces différentes dates.

1.1 Données de la cartographie

Nous avons acquis des images satellite Landsat TM, de 1988 et Landsat ETM + de 1999 déjà rectifiées couvrant la forêt classée, ainsi que des photographies aériennes à l'échelle du 1/50000^{ème}. Ces dernières avec 15 clichés assemblés nous ont permis d'obtenir une mosaïque qui assure une couverture totale de la forêt classée de Kassas.

Tableau 1 : Données de base de la cartographie

Années	Types de données	Motifs du choix
1954	Photographie aérienne couvrant la forêt classée de Kassas IGN mission de l'AOF	Premières données image disponibles sur la forêt classées de Kassas
1988	Image Landsat TM	Réalisation du projet PARCE
1999	Image Landsat ETM+	Disponibilité de données

1.2 Traitement des images et élaboration des cartes

Les photographies aériennes ont été scannées puis traitées avec les logiciels Adobe Illustrator 6.0 et Adobe Photoshop 7.0. Ainsi, nous avons affiné les contours des photos puis nous les avons transférées sous le logiciel Adobe Photoshop 7.0 où elles se présentent comme des calques qui peuvent se superposer. C'est à partir de cette étape que l'assemblage a été fait. Après cet exercice, nous avons obtenu une image continue de la forêt en 1954.

Le traitement des images a été complété par la collecte de données de terrain. Par ailleurs, le séjour sur le terrain nous a permis de caler les photographies aériennes en nous fondant sur le contrôle des coordonnées GPS relevées. Le calage de ces photographies datant de 1954 a été rendu possible grâce aux performances du logiciel Er Mapper, sur la base des coordonnées GPS de différents points repérés à partir de la carte au 200 000^{ème} de la zone de Kaffrine de la DTGC. Les images satellites (1988 et 1999) et les photographies aériennes (1954) obtenues ont été vectorisées et organisées en thèmes afin d'individualiser les différentes unités, composantes des images.

Pour l'interprétation des photographies aériennes de 1954, nous avons eu recours à la clé d'interprétation élaboré par le PROGEDE (annexe 5).

En ce qui concerne les images satellitaires, leur interprétation s'est faite sur la base des différentes compositions colorées élaborées à partir du logiciel ER Mapper. Les images obtenues nous ont permis de distinguer les principales composantes du milieu (type de végétation, réseau hydrographique et établissements humains).

L'élaboration des cartes a également utilisé les performances du logiciel ArcView. Elle a été complétée par le contrôle de terrain, en particulier sur les zones de contrat de culture, les empiètements, les points d'eau et les localités ceinturant la forêt.

En somme, la cartographie a été réalisée selon les étapes indiquées en figure 4.

1.3 Récapitulatif des étapes de la cartographie

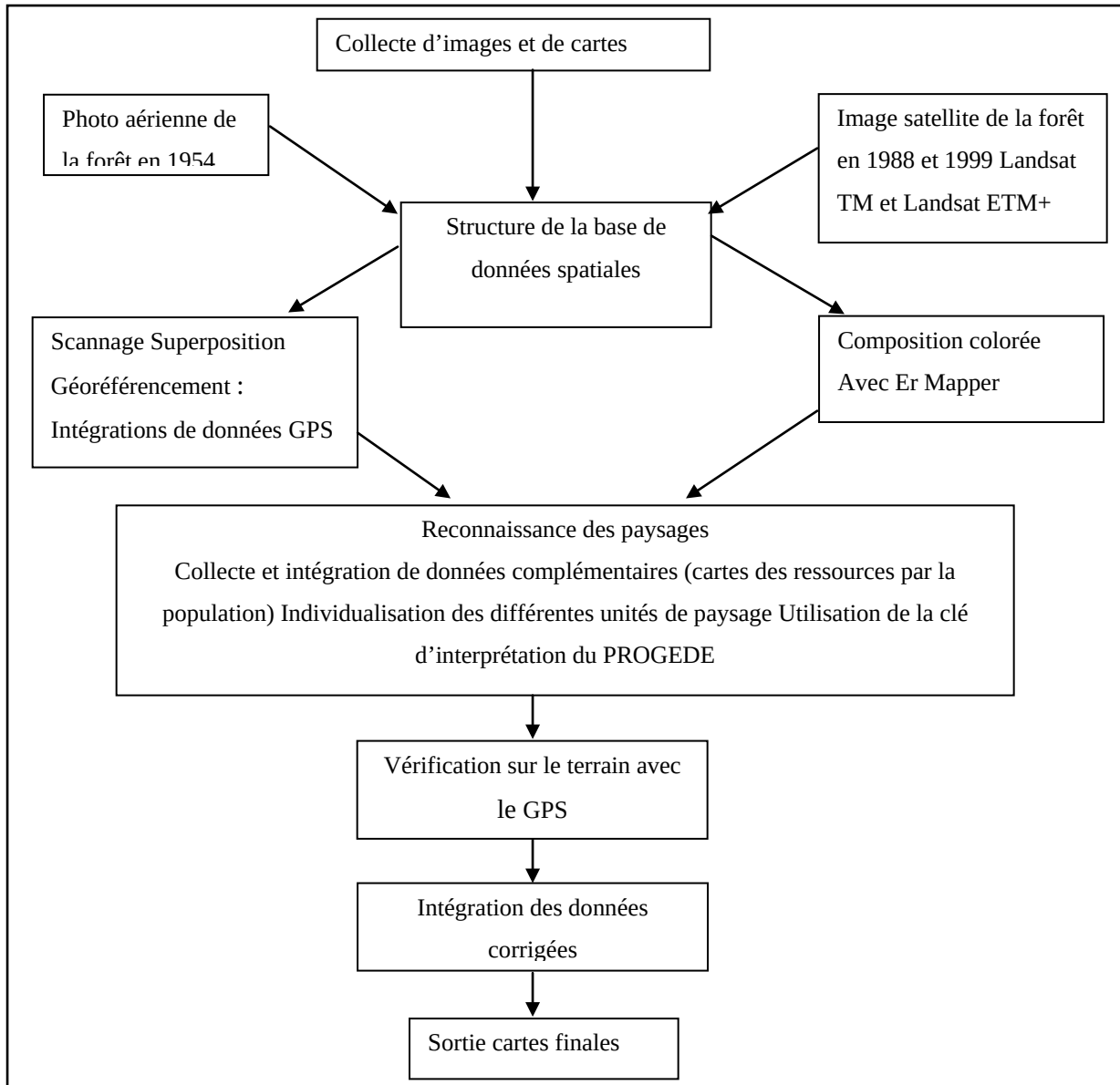


Figure 4 : Etapes de la cartographie

A l'issue de ces différentes opérations, nous avons obtenu des informations sur l'état de l'occupation du sol dans la forêt classée de Kassas en 1954, 1988 et 1999. Ainsi les cartes 3, 4 et 5 ont été réalisées.

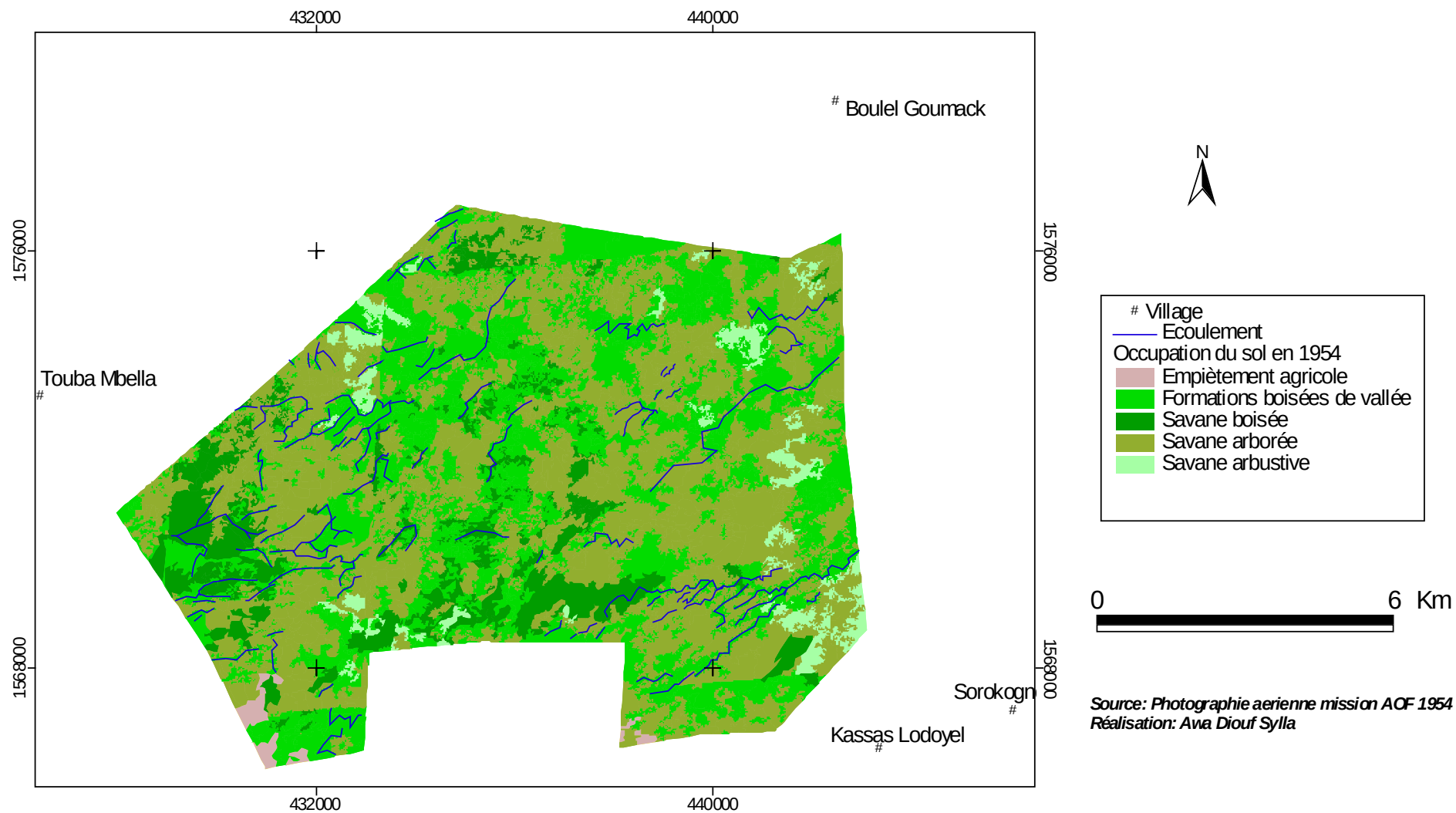
Chapitre II : CARTOGRAPHIE DIACHRONIQUE DE L'OCCUPATION DU SOL DE LA FORET CLASSEE DE KASSAS DE 1954 A 1999

Nous allons d'abord établir une cartographie des trois états de l'occupation du sol .Ensuite, de ces cartes seront déduites, les surfaces en hectares des différentes formations végétales représentées sur les cartes qui représente les résultats statistiques de la cartographie. En troisième point, l'établissement de la cartographie des changements d'occupation du sol de 1954 à 1999 va compléter l'étude diachronique. Ainsi, l'analyse des résultats de la cartographie sera aisée.

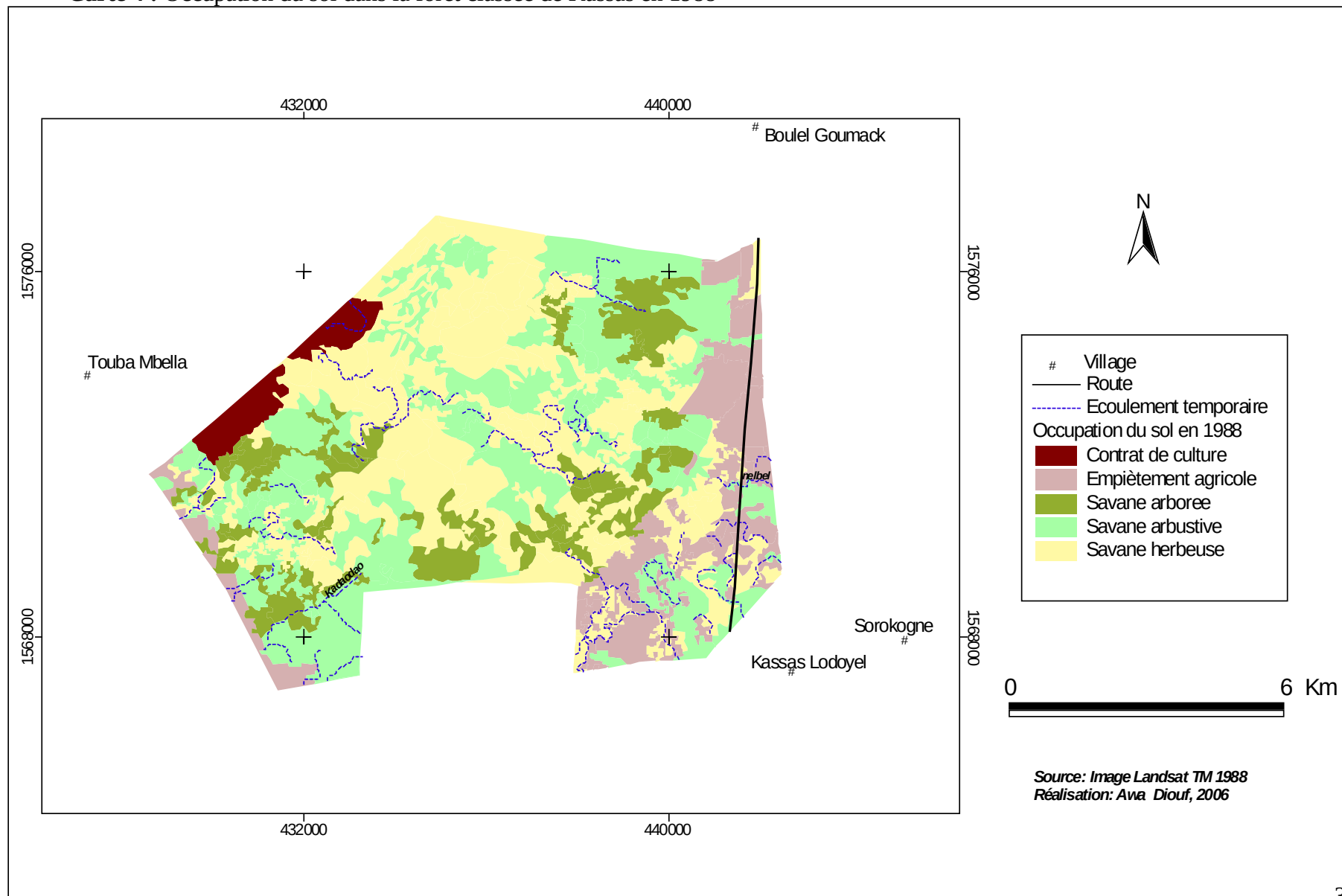
1. La cartographie de l'occupation du sol de 1954 à 1999

A travers Les cartes 3, 4 et 5, l'état de l'occupation du sol dans la forêt classée de Kassas en 1954, 1988 et 1999 est exprimée. Ainsi, l'évolution spatio temporelle de l'occupation du sol sera mise en exergue.

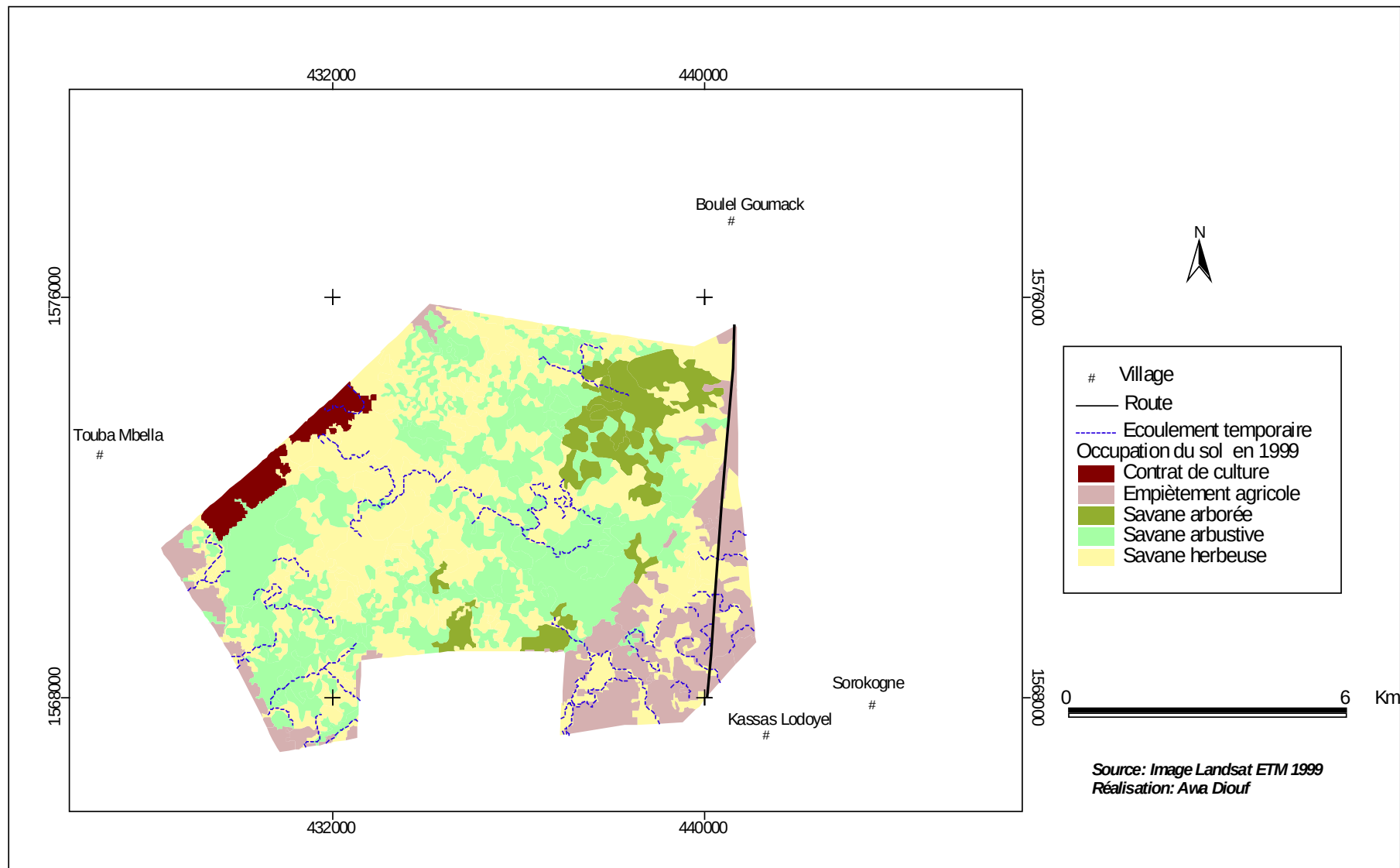
Carte 3 : Occupation du sol de la forêt classée de Kassas en 1954



Carte 4 : Occupation du sol dans la forêt classée de Kassas en 1988



Carte 5 : Occupation du sol dans la forêt classée de Kassas en 1999



2. Résultats statistiques de la cartographie

Les surfaces des différents polygones représentés sur les cartes 3, 4 et 5 ont été calculées à partir de la « Table » des données dans ArcView. Ainsi, les valeurs en hectares des différentes formations végétales et des activités socio-économiques de la forêt classée de Kassas dans les intervalles chronologiques considérés ont été obtenues et représenté à travers les figures 5, 6 et 7.

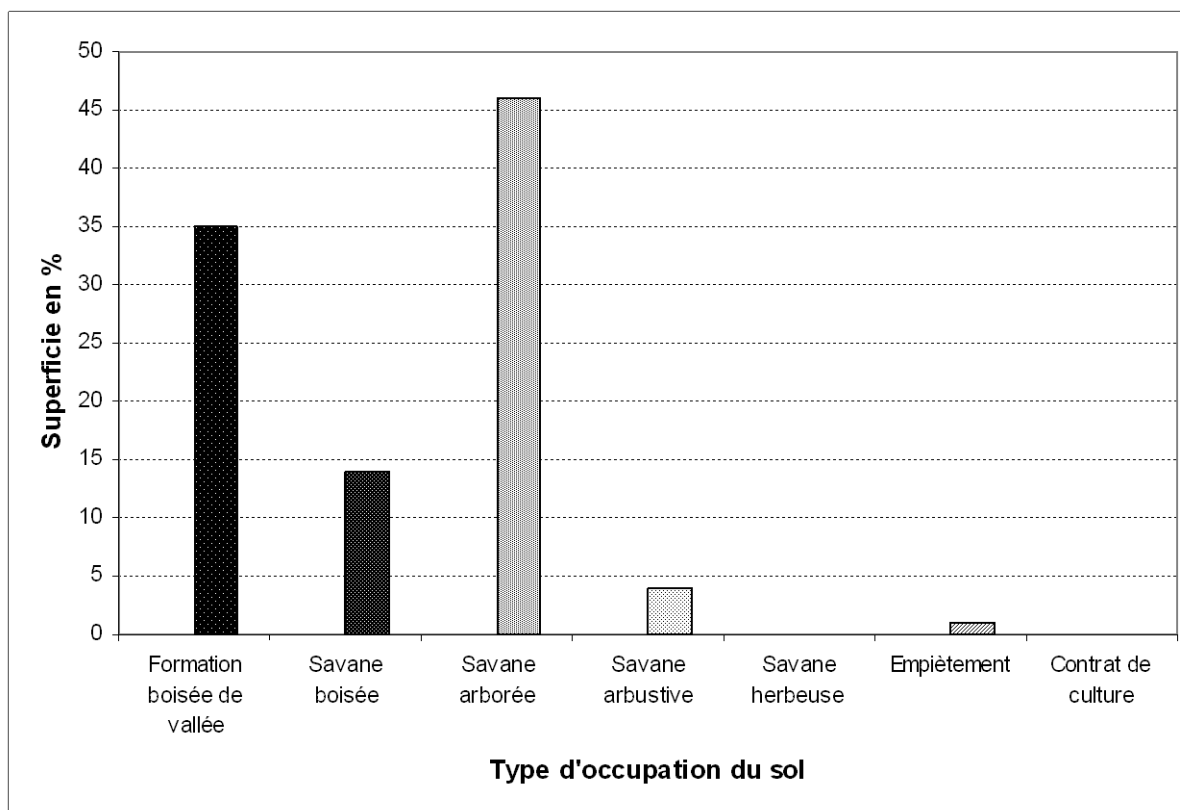


Figure 5 : Répartition en pourcentage des types de formations végétales de la forêt classée de Kassas en 1954

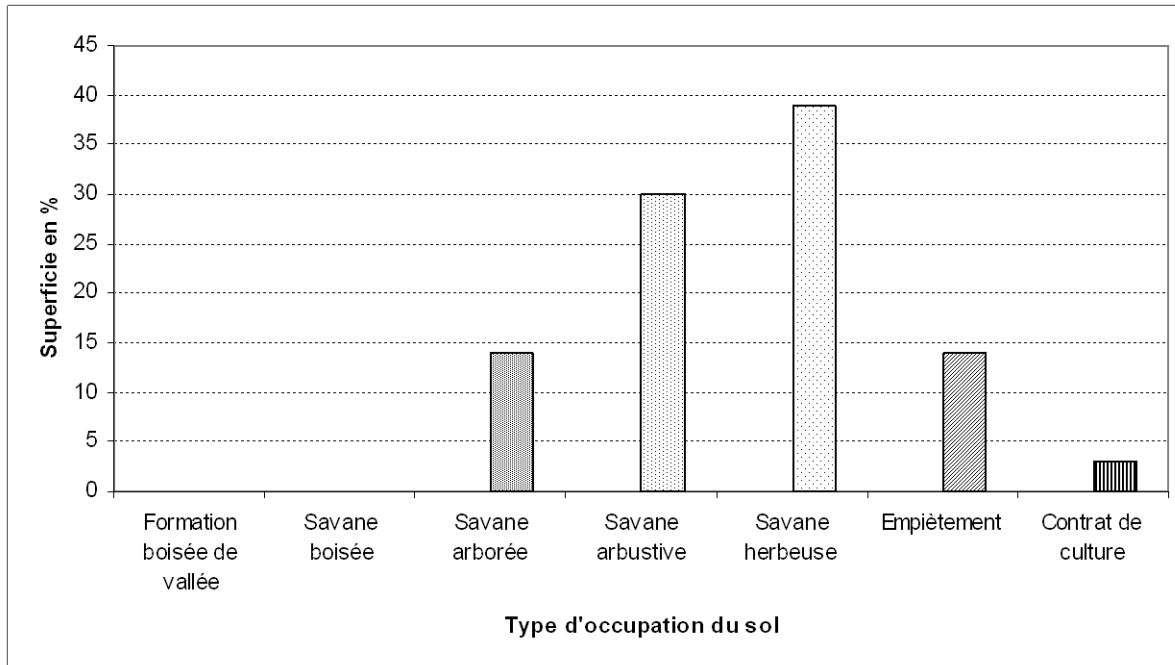


Figure 6 : Répartition en pourcentage des types de formations végétales de la forêt classée de Kassas en 1988

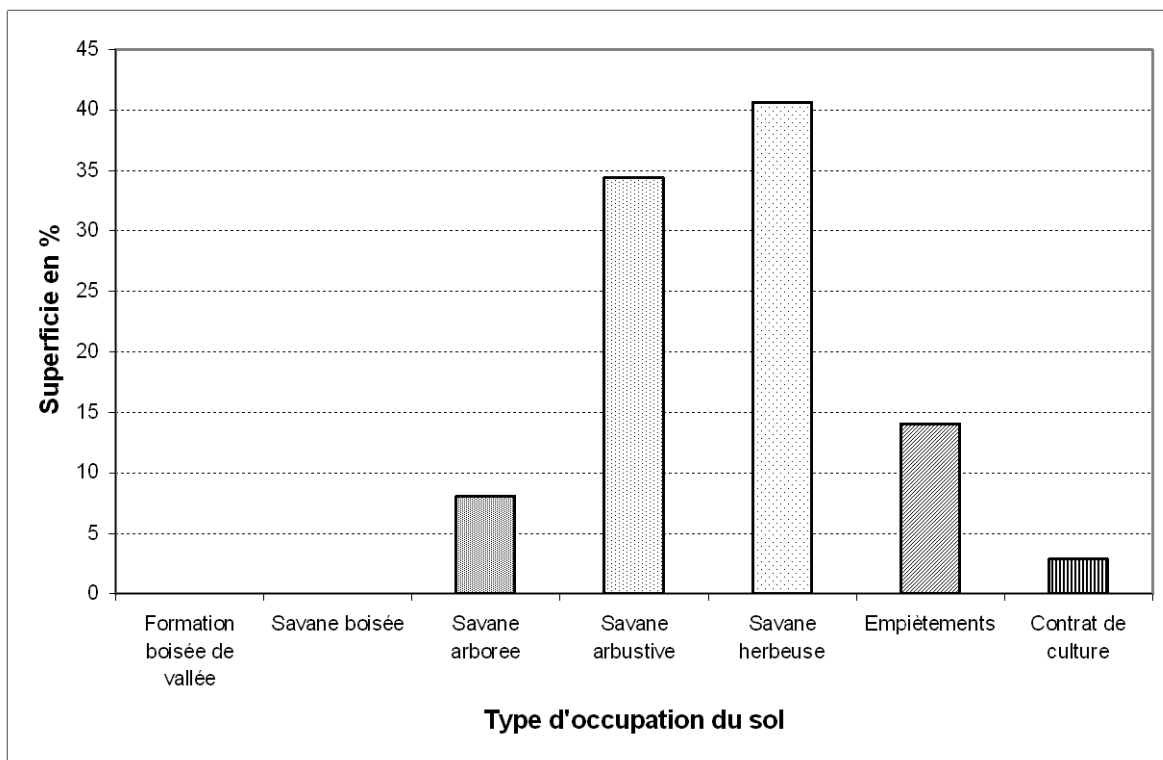


Figure 7 : Répartition en pourcentage des types de formations végétales de la forêt classée de Kassas en 1999

Le calcul des surfaces (tableau 2) des différents thèmes cartographiés à été fait à partir de la table associée à la carte. La table nous a permis de faire le point sur l'étendue des surfaces occupées par la végétation naturelle et l'agriculture autant en valeur absolue qu'en valeur relative en 1954, 1988 et 1999.

Le croisement entre les différentes années par la soustraction nous a permis d'avoir des valeurs sur l'évolution des différentes formations végétales entre 1954 et 1999 (tableau 2).

Tableau 2 : Statistiques sur l'évolution en hectare des superficies occupées par les différentes formations végétales dans la forêt classée de Kassas de 1954 à 1999

Type de formation végétale	1954	1988	1999	1988-1954	1999-1954	1999-1988
Formation boisée de vallée	4151,914	0	0	-4151,914	-4151,914	0
Savane arborée	5697,319	1550,18	932,3969	-4147,139	-4764,9221	-617,7831
Savane arbustive	430,074	3389,14	3988,9102	2959,066	3558,8362	599,7702
Savane boisée	1642,189	0	0	-1642,189	-1642,189	0
Empiètement	78,349	1559,29	1628,7007	1480,941	1550,3517	69,4107
Savane herbeuse	0	4523,01	4712,7208	4523,01	4712,7208	189,7108
Contrat de culture	0	349,26	334,3356	349,26	334,3356	-14,9244

La représentation graphique du tableau 2 par la figure 8 va nous permettre de matérialiser l'état de l'occupation du sol dans la forêt classée de Kassas en 1954, 1988 et en 1999.

Afin de mieux appréhender les données du tableau 2, nous avons établies la figure 8.

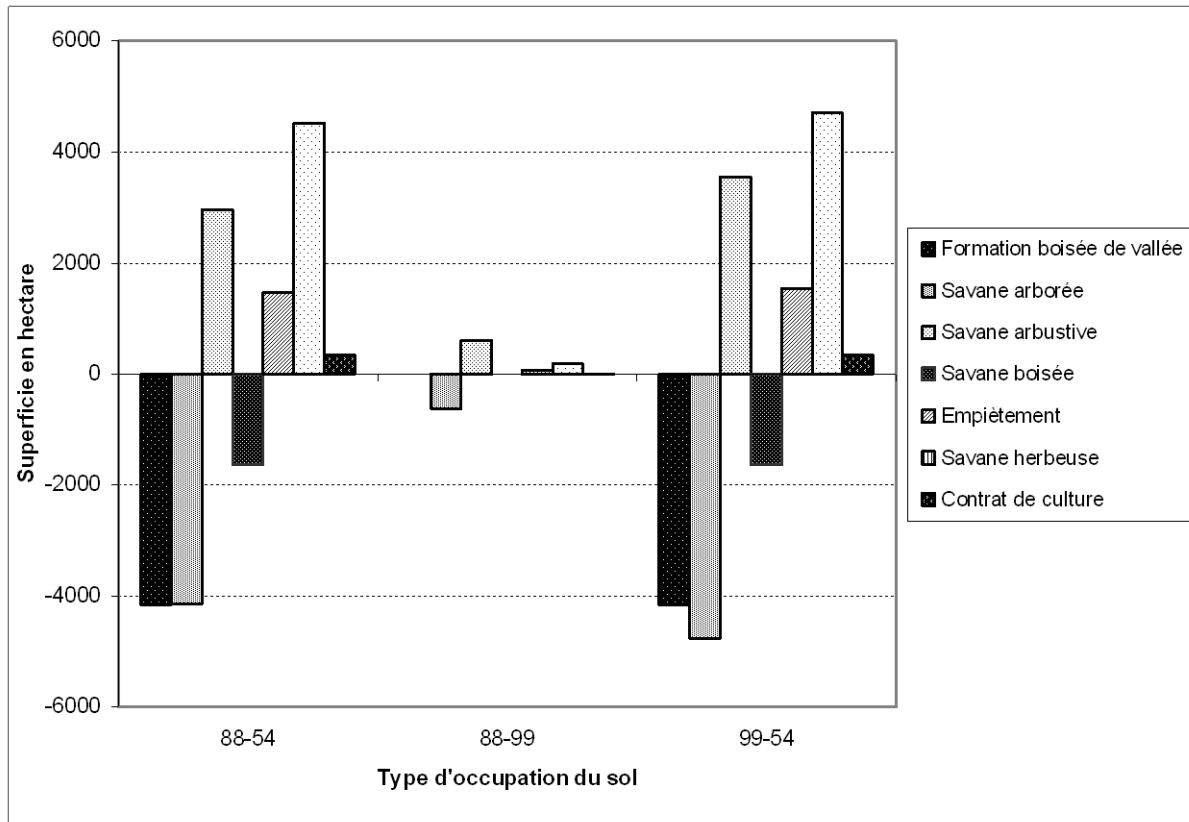


Figure 8 : Evolution de l'occupation du sol dans la forêt classée de Kassas de 1954 à 1999

3. Cartographie des changements d'occupation du sol dans la forêt classée de Kassas de 1954 à 1999

Les cartes 3, 4 et 5 nous permettent de voir l'état de l'occupation du sol dans la forêt classée de Kassas à des dates différentes. Cependant pour mieux appréhender les changements qui sont survenus dans l'occupation du sol de la forêt classée de Kassas, l'établissement de cartes de changement s'impose. En effet, cette étape permettra de spatialiser les parties de la forêt qui ont été convertit, celles modifiées et celles qui n'ont subi aucun changement donc stables. Ces cartes ont été réalisées à partir des cartes 3, 4 et 5 avec le logiciel ArcView 3.2 selon la méthodologie suivante.

Méthodes de réalisation des cartes de changement

Les thèmes « occupation du sol » composant les cartes 3, 4 et 5 constituent les éléments de base de la cartographie des changements. Les cartes 6 et 7 ont été élaborées en croisant deux à deux les thèmes « occupation du sol » en 1954, 1988 et 1999.

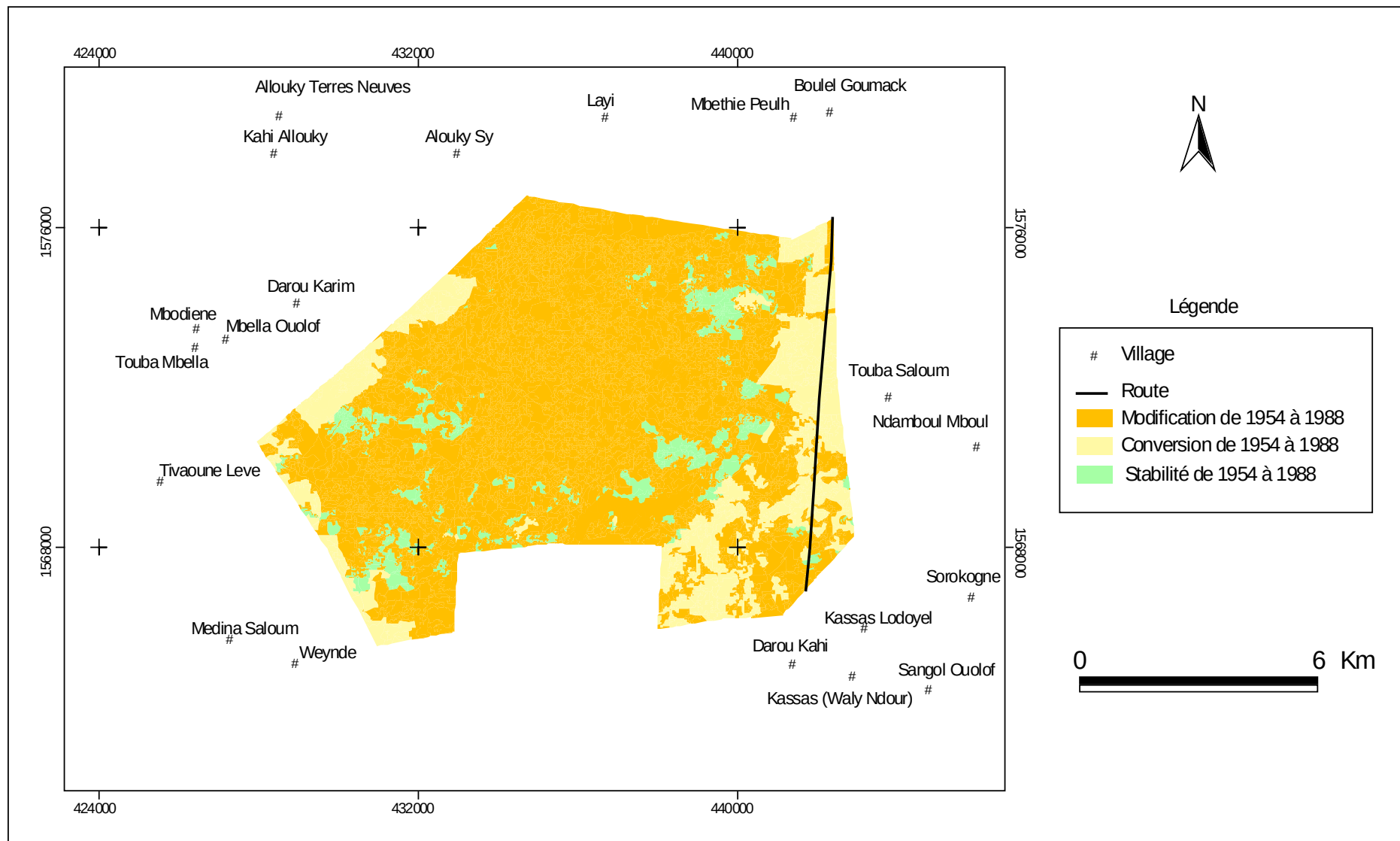
Le croisement des thèmes s'est fait en utilisant successivement les options suivantes: « View » / Geoprocessing wizard / intersect two themes. Après avoir fait l'intersection entre les deux thèmes de différentes dates, ArcView produit un nouveau thème qui est le résultat de l'intersection entre les deux thèmes. Ce nouveau thème se présentant sous forme de carte d'occupation du sol est interprété à partir de l'outil « Query Builder ». Ce dernier permet de mettre en évidence les changements survenus sur chaque partie de la forêt d'une année A_1 à une année A_2 . Ainsi chaque polygone ayant changé d'une date à l'autre est sélectionné et transformé en un nouveau thème par l'option « Theme » / « Convert to shapefile ». Après avoir sélectionné tous les changements survenus les thèmes sont réunis selon les cas de modification² de conversion³ et de stabilité⁴. Ainsi nous avons établi deux cartes de changement d'occupation du sol de 1954 à 1988 et 1988 à 1999.

² La **modification** se définit par la transformation d'un type de formation végétale déterminée à un autre type de formation végétale sur un même site.

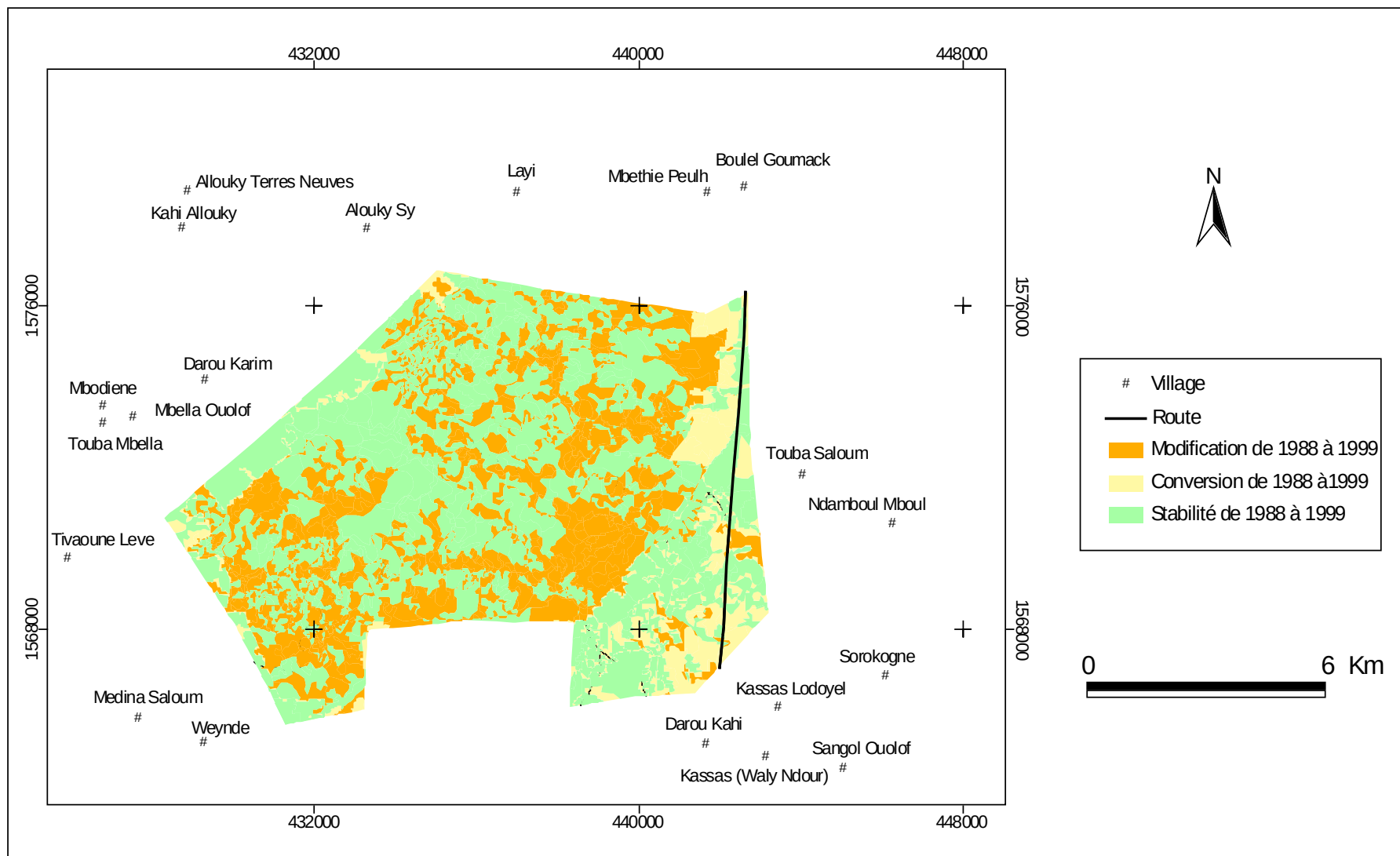
³ La **conversion** se traduit par le remplacement total de la végétation naturelle par des surfaces agricoles ou une autre activité socio-économique sur une surface donnée.

⁴ La **stabilité** exprime dans cette étude les parties de la forêt qui n'ont subi aucune transformation de l'occupation du sol d'une année à l'autre.

Carte 6 : Carte des changements d'occupation du sol de 1954 à 1988



Carte 7 : Carte des changements d'occupation du sol de 1988 à 1999



A partir de l'analyse comparative des trois états de l'occupation du sol, ainsi que des changements survenus entre 1954 et 1988 et entre 1988 et 1999, nous allons analyser l'évolution de l'occupation du sol dans la forêt classée de Kassas de 1954 à 1999.

4. Analyse des résultats de la cartographie

Les cartes 3, 4 5,6 et 7 font état de changements dans l'occupation du sol dans la forêt classée de Kassas de 1954 à 1999. Ces mutations se manifestent par :

- L'évolution de l'emprise des activités socio-économiques sur la superficie de la forêt ;
- La dégradation des formations végétales ;
- La baisse de la densité du réseau hydrographique dans la forêt classée de Kassas.

Ces variations se perçoivent nettement à travers les cas de modification et de conversion.

4.1. Les cas de conversion de 1954 à 1999

La situation exprimée à partir de la figure 9 laisse voir un développement important de l'activité agricole dans la forêt classée de Kassas de 1954 à 1999. Cette croissance a connu deux phases : une évolution fulgurante de 1954 à 1988 et une tendance à une stabilité de 1988 à 1999. Pour mieux percevoir cette réalité, analysons les cas de conversion relevés entre 1954 et 1988 puis entre 1988 et 1999.

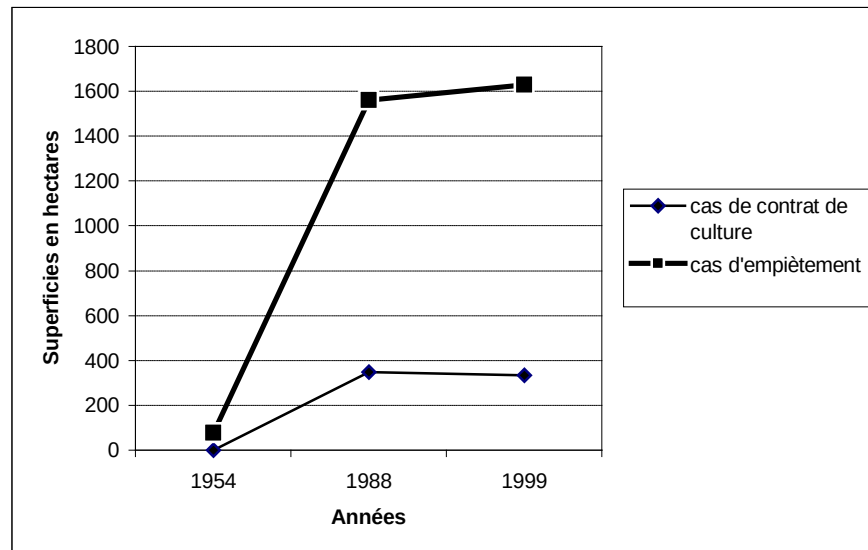


Figure 9 : Evolution des superficies agricoles dans la forêt classée de Kassas de 1954 à 1999

4.1.1 Conversion de 1954 à 1988

En 1954, la faiblesse relative des défrichements qui ne s'élèvent qu'à 1 % de la superficie totale de la forêt s'explique par la disponibilité en terres cultivables.

Cette situation est d'une part liée à la présence du projet du Bloc expérimental de Boullèle que nous avons évoqué dans la première partie ; d'autre part, elle est liée à l'effectif de population très peu élevé dans la zone des terres neuves du Saloum Oriental à cette époque. En effet selon le recensement de 1958, l'effectif moyen par village s'élevait à 390 habitants.

La comparaison entre la carte de 1954 et celle de 1988, ainsi que la lecture de la carte 6 nous permettent de constater des changements dans l'occupation du sol.

La forêt a connu un développement important de l'activité agricole (figure 9). L'agriculture se pratique en partie dans le secteur Sud-Est de la forêt (cartes 4 et 5) contiguë au village de Kahi.

Ces surfaces agricoles longent également la route reliant Boullèle à Kaffrine comme matérialisés sur la carte 5. L'étendue des surfaces occupées par cette activité agricole « clandestine » est passée de **78,34 ha** à **1559,29 ha** en 34 ans. Donc l'occupation anarchique par l'agriculture a gagné **1480,95 ha** soit une évolution de **43,55 ha** par an.

Dans les années 1960, le droit de hache qui prévalait a favorisé le défrichement d'une bonne partie de la forêt. Cette situation est liée à l'absence de possibilités d'extension des terres cultivables surtout dans le village de Kahi. En effet, ce village est coïncé entre la ville de Kaffrine au sud, le village de Sorokogne à l'est et le village de Toun Mosquée à l'ouest. Ainsi, la forêt classée de Kassas au nord est devenue la seule alternative pour une extension des surfaces agricoles dont la demande ne cesse d'augmenter.

La présence de la route qui traverse la forêt depuis les années 1960 a aussi fortement favorisé l'occupation de ces terres. Mayaux P. et Malingreau J. P. (2000) notent à cet effet que « le réseau routier est un indicateur fondamental si l'on veut prédire où la déforestation va se produire le plus probablement ».

Dans les années 1980, plusieurs parties (Sud-Est) de la forêt classée ont été ouvertes à l'agriculture par le biais d'autorisations délivrées par les préfets de Kaffrine. Les bénéficiaires sont en général des fonctionnaires de l'administration. Ces derniers même une fois affectés dans d'autres régions continuent à exploiter les champs.

En 1977, un guide religieux de la confrérie bénéficie d'un contrat de culture. Ainsi, l'activité agricole se développe dans le secteur Nord-Ouest sur **500 ha**. En additionnant les surfaces occupées par ces deux types d'agriculture, nous pouvons dire que de 1954 à 1988, l'agriculture a gagné **1980,95 ha**, soit **17 %** de la superficie totale de la forêt.

4.1.2. Conversion de 1988 à 1999

Dans cet intervalle de temps, nous remarquons que le rythme d'évolution des surfaces agricoles dans la forêt s'est ralenti (carte 7). Cette tendance à la baisse des défrichements est liée à une conscientisation des populations locales.

En effet, ce phénomène s'est amorcé dès le début des années 1980. Les événements successifs comme les politiques de Désengagement de l'état, dicté par le Programme d'Ajustement Structurel, de Régionalisation et de Décentralisation ; ont entraîné l'implication des populations locales dans la gestion des ressources naturelles. Ainsi, une prise de conscience des populations locales vis-à-vis des ressources de leur terroir est instituée. Dans le Saloum Oriental, les populations, sous l'initiative du service des Eaux et Forêts, se sont organisées en GIE (Groupement d'Intérêt Economique) ayant comme objectif principal la protection de la ressource forestière. Les populations s'étant senties impliquées dans la gestion, se sont appropriées la ressource en s'organisant en comité de surveillance. Ainsi chaque village est doté de comité d'au moins 10 personnes se relayant pour la tournée en forêt. Plusieurs tentatives d'installation de champs dans la forêt ont été dans ce cadre contrecarrées.

L'ensemble de ces facteurs a fait que, l'extension des empiètements agricoles a connu une évolution mineure entre 1988 et 1999. Toutefois, en valeur absolue, ces superficies ont connu une augmentation. En effet, de 1988 à 1999 les sites de la forêt classée occupés par l'agriculture ont vu leurs surfaces passées de **1559,29 ha** à **1628,70 ha** soit une augmentation de **69,41 ha** en 11 ans. En calculant la tendance générale, on trouve une augmentation de **6,33 ha** par an.

Bien que n'apparaissant pas sur la cartographie, les contrats de culture ont aussi gagné en superficies de 1988 à 1999. Ce fait est lié à l'octroi en 1997 de **3000 ha** sous forme de contrat de culture dans le secteur Sud-Ouest de la forêt à un marabout de la confrérie Mouride. Ainsi, de 1988 à 1999, les superficies agricoles ont gagné **3069,41 ha** de plus, soit **26,69 %** de la superficie totale de la forêt.

En définitive, de 1954 à 1999, les surfaces agricoles ont gagné **4980,95 ha**, soit un taux de défrichement de **41,33 %** de la superficie totale de la forêt classée de Kassas.

4.2. Les cas de modification de 1954 à 1999

Les cas de modification se matérialisent par :

- la disparition totale de certains types de formations végétales,
- l'apparition de nouveaux types formations végétales.

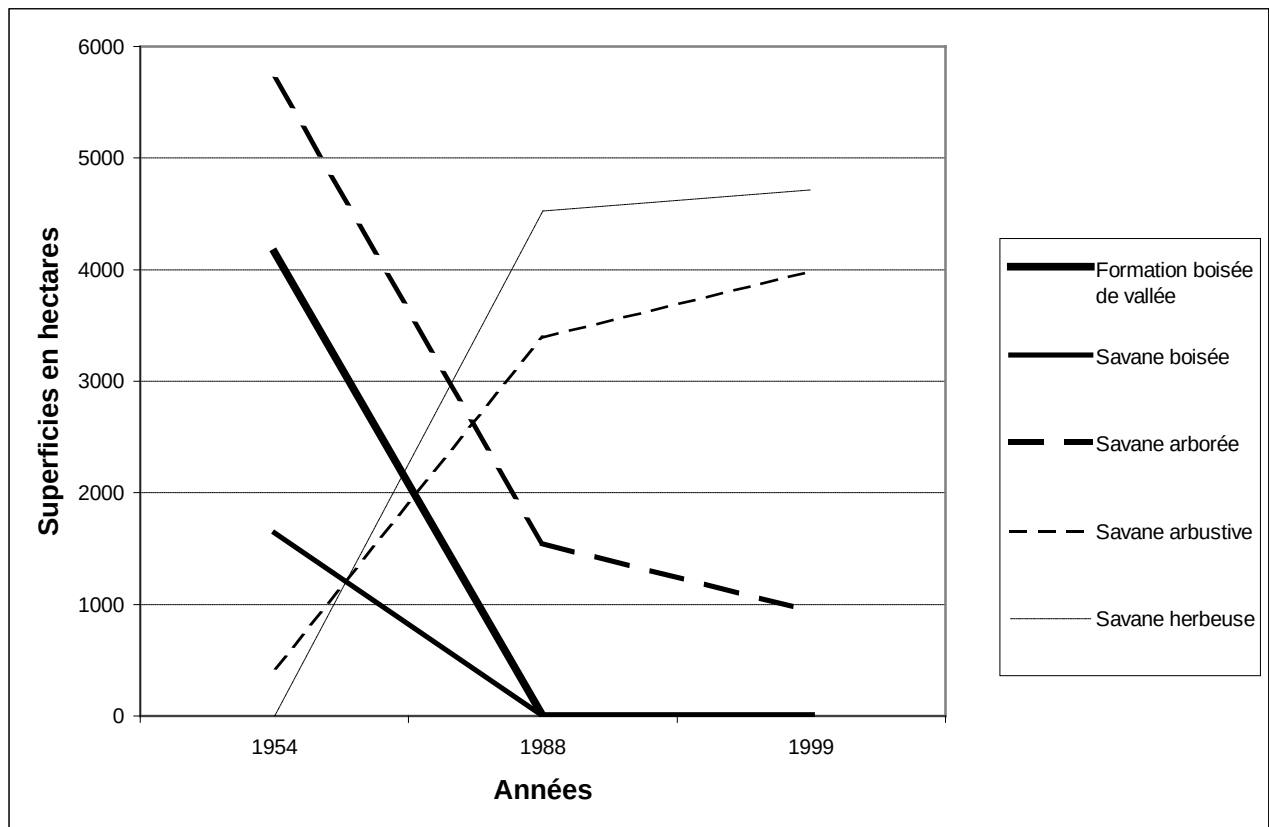


Figure 10 : Evolution des types de formations végétales dans la forêt classée de Kassas de 1954 à 1999

4.2.1. Modification de 1954 à 1988

En 1954, 19 années après le classement de la forêt, nous relevons quatre types de formations végétales d'étendue différente (figure 5). Cette situation dénote d'une disponibilité de la forêt en végétation dense. Pendant cette période, qui correspond à la période coloniale, les politiques de protection de la ressource étaient très rigoureuses. En effet, la ressource forestière bénéficiait d'une surveillance régulière par le Service des Eaux et Forêts qui pratiquait des tournées

quotidiennes. La crainte de la sanction anéantissait toute tentative d'activités clandestines dans la forêt. Cette attention particulière, Kassas la devait à son statut d'appartenance aux « forêts du rail ». Ces dernières jalonnaient le chemin de fer Dakar-Niger et alimentaient les trains en énergie d'origine ligneuse pendant la colonisation.

En 1988, nous notons que les savanes boisées qui occupaient une superficie de 1642,18 ha en 1954 sont inexistantes (figure 8). Les formations boisées de vallée également ont également disparu à hauteur de **4151,91 ha**. Nous notons également l'apparition de formations de savane herbeuse qui étaient inexistantes en 1954 (figure 8) dans la forêt classée de Kassas. Ces dernières ont atteint une superficie de **4523,01 ha** en 1988. Donc, il y a une profonde dégradation des ressources naturelles exprimée par une forte modification (carte 6).

En effet, jusqu'au début des années 1970, la forêt classée de Kassas était le grenier des menuisiers, artisans et bûcherons de Kaffrine. Ces derniers y prélevaient du bois d'œuvre et d'énergie.

Pendant les années 1960, certains grands troupeaux de transhumants, passaient toute l'année dans la forêt car les cours d'eau tel que le Nelbel ne tarissait pas.

Les effets de ces facteurs, combinés à ceux de la sécheresse des années 1970 ont fini par atteindre profondément la ressource forestière.

C'est cette dégradation qui a motivé le projet PARCE à réaliser le reboisement dans le secteur Nord-est de la forêt. Ce projet a été financé par le PNUD et la FAO pour un montant de 5 milliards de F CFA. Son domaine d'intervention ne concerne que les forêts classées du Saloum Oriental. Il avait pour objectifs de produire des combustibles ligneux et du bois de service le long des « forêts du rail », de préserver le potentiel forestier national et de renforcer les institutions forestières existantes. Le projet qui ciblait une réalisation de 100 000 ha a dépassé cet objectif et finalement 240 000 ha de forêts ont été reboisés. A Kassas, le reboisement s'est fait au niveau des anciens campements peuls. Des espèces locales telles que *Anogeissus leiocarpus*, *Bauhinia rufescens*, *Ziziphus mauritiana* ont été choisies. Les espèces exotiques introduites dans la forêt dans le cadre de ce projet sont, *Eucalyptus alba*, *Prosopis chilensis*.

4.2.2. Modification de 1988 à 1999

De 1988 à 1999, nous remarquons un changement de l'étendue des superficies occupées par les différentes formations végétales. En effet, l'examen des figures 6 et 7 indique une diminution de la surface occupée par les formations de savane arborée qui sont passées de 14 % à 8 %. Les formations de savanes herbeuses connaissent une augmentation, passant de 39 % à 41 % de la superficie totale de la forêt. Les formations de savane arborée, qui ont été plantées, ont connu une régression importante comme matérialisée sur la carte de 1988. Cette situation est liée en partie à la destruction de la clôture qui entourait ce reboisement par les nombreux usagers de la forêt, facilitant ainsi l'accès.

D'autre part, les sécheresses et les feux de brousse ont eu raison de certaines espèces sensibles. Les espèces telles que *Anogeissus leiocarpus* ont subi des déboisements massifs liés à la production clandestine de charbon de bois.

Au regard des résultats statistiques de la cartographie nous pouvons dire qu'il n'y a que **6468,36 ha** qui sont occupés par la végétation naturelle en 1999 contre **11921,48 ha** couverts par les formations forestières naturelles en 1954, soit une anthropisation de **5453,12 ha** de 1954 à 1999.

Toutefois, ces données statistiques sur les changements d'occupation du sol, qui sont relevées à travers cette cartographie diachronique ne permettent pas à elles seules d'exprimer la réalité spatiale. Par conséquent, nous avons opté pour l'établissement de cartes de changement qui permettent de donner une expression spatiale à ces chiffres.

Au terme de cette analyse, nous percevons nettement que l'occupation du sol dans la forêt classée de Kassas a connu des mutations. Ces changements sont liés à des facteurs anthropiques, mais aussi naturels qui méritent une attention particulière.