

**PROJET « COMPTABILITE ECONOMIQUE ET ENVIRONNEMENTALE  
POUR UNE POLITIQUE FACTUELLE AU SENEGAL »**

**COMPTE DE L'OCCUPATION DES SOLS AU SENEGAL**  
2010-2015

**Rapport**



**Février 2023**

## EQUIPE DE DIRECTION

Prénoms et Noms	Fonctions
Aboubacar Sédikh BEYE	Directeur général, Directeur de publication
Abdou DIOUF	Directeur général Adjoint
Mamadou Ngalgou KANE	Directeur des Statistiques économiques et de la Comptabilité nationale
Malick DIOP	Chef de la Division de la Comptabilité nationale
Khadim SOURANG	Chef du Bureau des comptes annuels et sectoriels

## COMITE TECHNIQUE

Prénoms et Noms	Structure
Ndeye Khoudia Laye SEYE	Agence nationale de la Statistique et de la Démographie (Coordonnatrice de l'étude)
Mouhamadou Bassirou DIOUF	Agence nationale de la Statistique et de la Démographie
Insa SADIO	Agence nationale de la Statistique et de la Démographie
Kandé CISSE	Agence nationale de la Statistique et de la Démographie
Mamadou Diang BA	Agence nationale de la Statistique et de la Démographie
Abdoulaye SARR	Agence nationale de la Statistique et de la Démographie
Alain Aouta	Agence nationale de l'Aménagement du Territoire
Mariama Mbissine DIOUF	Agence nationale de l'Aménagement du Territoire
Marième DIALLO	Centre de Suivi Ecologique
Ousmane BOCOUM	Centre de Suivi Ecologique
Gora MBENGUE	Direction de la Planification et de la Veille Environnementale
Ousseynou FAYE	Direction des Eaux et Forêts Chasse et Conservation des Sols
Elimane FALL	Direction générale de la Planification et des Ressources en Eau
Jean Birane GNINGUE	Institut des Sciences de l'Environnement
Ibrahima GAYE	Data For Now

## EQUIPE DE REDACTION

<b>Comité de lecture</b>	Mamadou Ngalgou KANE, Malick DIOP, Khadim SOURANG, Kandé CISSE, Marko JAVORSEK, Alessandra ALFIERI
<b>Rédacteurs</b>	Mouhamadou Bassirou DIOUF, Ndeye Khoudia Laye SEYE, Mariama Mbissine DIOUF, Alain AOUTA, Ousmane BOCOUM, Insa SADIO, Gora MBENGUE, Ousseynou FAYE

## PARTENAIRES TECHNIQUES ET FINANCIERS

Prénoms et Noms	Structure
Alessandra Alfieri	Division de Statistiques des Nations Unies (UNSD)
Marko Javorsek	Division de Statistiques des Nations Unies (UNSD)
Alessio Bulckaen	Basque Centre for Climate Change (BC3)

# SOMMAIRE

<b>SOMMAIRE.....</b>	<b>II</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX .....</b>	<b>III</b>
<b>LISTE DES GRAPHIQUES .....</b>	<b>III</b>
<b>SIGLES ET ABREVIATIONS .....</b>	<b>IV</b>
<b>RESUME .....</b>	<b>V</b>
<b>CONTEXTE ET JUSTIFICATION .....</b>	<b>1</b>
I.    BREVE PRESENTATION DU SENEGAL .....	2
II.   ORGANISATION DU TRAVAIL ET PROCESSUS DE COMPILATION DES COMPTES .....	4
1. <i>Les organes mis en place.....</i>	4
2. <i>Renforcement de capacités des membres du Comité technique.....</i>	4
III.  APPROCHE METHODOLOGIQUE .....	6
1. <i>Carte d'occupation du sol de l'ANAT.....</i>	7
2. <i>Cartographie de l'occupation du sol du CSE.....</i>	11
3. <i>Harmonisation de la classification de la couverture terrestre nationale .....</i>	13
IV.  ANALYSE DES RESULTATS .....	18
1. <i>Description des cartes de 2010 et 2015 .....</i>	18
2. <i>Compte physique de l'occupation du sol.....</i>	20
V.   ANALYSE DES INDICATEURS ODD DERIVES DES RESULTATS.....	29
1. <i>Indicateurs de l'ODD 15 .....</i>	29
2. <i>Métadonnées .....</i>	30
3. <i>Comparaison et analyse des valeurs de l'indicateur .....</i>	31
<b>CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....</b>	<b>33</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>I</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>III</b>
ANNEXE 1    METHODOLOGIE CSE.....	III
ANNEXE 2    METHODOLOGIE ANAT .....	V
ANNEXE 3    COMPTE PHYSIQUE DE L'OCCUPATION DU SOL .....	XIV
ANNEXE 4    DEFINITIONS SELON LE FRA.....	XVII

## LISTE DES TABLEAUX

TABEAU 1: CLASSIFICATION DE L'OCCUPATION DES SOLS .....	6
TABEAU 2: HARMONISATION DES CLASSES CSE-ANAT .....	14
TABEAU 3:THEMATIQUES SELON LES CLASSES RETENUES.....	15
TABEAU 4: INDICATEURS DE L'ODD DERIVES DU COMPTE DE L'OCCUPATION DES SOLS .....	31
ANNEXE-TABEAU 1: CLASSES THEMATIQUES DE L'OCCUPATION DES SOLS .....	IV
ANNEXE-TABEAU 2: CLASSE D'OCCUPATION ANAT .....	V
ANNEXE-TABEAU 3: MATRICE DE CONTINGENCE .....	XII
ANNEXE-TABEAU 4 : SUPERFICIES EN KM <sup>2</sup> DES CINQ CLASSES EN 2010 ET 2015 .....	XV
ANNEXE-TABEAU 5: COMPTE PHYSIQUE DE L'OCCUPATION DU SOL 2010-2015, RESOLUTION 50MT (KM <sup>2</sup> ).....	XV
ANNEXE-TABEAU 6: MATRICE DE CHANGEMENTS 2010-2015 (EN KM <sup>2</sup> ) .....	XVI

## LISTE DES GRAPHIQUES

FIGURE 1: VISUALISATION D'UNE SCENE TELECHARGEABLE SUR USGS .....	8
FIGURE 2: DATE D'ACQUISITION DES SCENES COUVRANT LE SENEGAL EN 2010 .....	8
FIGURE 3: IMAGE LANDSAT TM DU SENEGAL EN NOVEMBRE 2010.....	9
FIGURE 4: COMPOSITION COLOREE .....	10
FIGURE 5 : MOSAÏQUE DE LA CARTE DU PAYS .....	12
FIGURE 6:EXEMPLE D'AGREGATION DES CLASSES ET D'HARMONISATION .....	16
FIGURE 7: CORRECTION DES ECARTS GEOMETRIQUES.....	17
FIGURE 8: CORRECTIONS TOPOLOGIQUES.....	18
FIGURE 9: CARTE DES LOCALITES DU SENEGAL.....	19
FIGURE 10: SUPERFICIES (EN KM <sup>2</sup> ) DES CINQ THEMATIQUES EN 2010 ET 2015 .....	22
FIGURE 11: SUPERFICIES (EN KM <sup>2</sup> ) DES CINQ PREMIERES CLASSES EN 2010 ET 2015 .....	23
FIGURE 12: SUPERFICIES (EN KM <sup>2</sup> ) DES TROIS CLASSES INTERMEDIAIRES EN 2010 ET 2015 .....	23
FIGURE 13: SUPERFICIE (EN KM <sup>2</sup> ) DES AUTRES CLASSES EN 2010 ET 2015.....	24
ANNEXE-FIGURE 1: COMBINAISON EN COULEUR NATURELLE DE LANDSAT 8 .....	III
ANNEXE-FIGURE 2: COMBINAISON EN FAUSSE COULEUR DE LANDSAT 8.....	III
ANNEXE-FIGURE 3: ANNEXE-FIGURE 3: SIGNATURE SPECTRALE DES CLASSES D'OCCUPATION DU SOL .....	VIII
ANNEXE-FIGURE 4 : POINTS DE CONTROLE COLLECTES POUR L'EVALUATION DE LA CLASSIFICATION.....	X
ANNEXE-FIGURE 5: PROCEDURE DE CROISEMENT DES POINTS COLLECTES ET LE RESULTAT DE CLASSIFICATION .....	XI
ANNEXE-FIGURE 6: PROCEDURE DE CALCUL DE LA FREQUENCE .....	XI
ANNEXE-FIGURE 7: PROCEDURE DE CALCUL DE LA MATRICE.....	XI
ANNEXE-FIGURE 8: CORRECTIONS LOGICIEL.....	XIII
ANNEXE-FIGURE 9: CARTE D'OCCUPATION DU SOL DU SENEGAL EN 2010.....	XIV
ANNEXE-FIGURE 10: CARTE D'OCCUPATION DU SOL DU SENEGAL EN 2015.....	XIV

## SIGLES ET ABBREVIATIONS

ANSD	Agence nationale de la Statistique et de la Démographie
CDSE	Cadre de développement des Statistiques de l'Environnement
CSE	Centre de Suivi Ecologique
DEFCCS	Direction des Eaux et Forêts, Chasse et de la Conservation des Sols
DPVE	Direction de la Planification et de la Veille environnementale
ESPS	Enquête de Suivi de la Pauvreté au Sénégal
FAO	Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
FRA	Evaluation des Ressources forestières (Forest Ressources Assessments)
IHPC	Indice Harmonisé des Prix à la Consommation
ISBLSM	Institutions Sans But Lucratif au Service des Ménages
MEDDTE	Ministère de l'Environnement, du Développement durable et de la Transition écologique
PADEC	Projet d'Appui au Développement Economique de la Casamance
PASEF	Projet d'Amélioration et de Valorisation des Services des Ecosystèmes forestiers au Sénégal
PROGEDE	Programme de Gestion Durable et Participative des Energies Traditionnelles et de Substitution
RGPHAE	Recensement Général de la Population et de l'Habitat, de l'Agriculture et de l'Elevage
SCEE CC	Cadre central du Système de Comptabilité Economique et Environnementale
SCEE CE	Système de Comptabilité Economique et Environnementale Comptabilité Ecosystémique
SCN	Système de Comptabilité Nationale
TBS	Taux brut de scolarité
UICN	Union Internationale pour la Conservation de la Nature
VA	Valeur Ajoutée
VALEURS	Valorisation des Espèces pour une Utilisation Durable des Ressources Sauvages

## RESUME

Dans le cadre du projet « comptabilité économique et environnementale pour une politique factuelle au Sénégal » en collaboration avec la Division de Statistique des Nations Unies (UNSD), le Sénégal a compilé les comptes de l'occupation des sols de 2010 et 2015.

Les comptes ont été produits par un comité technique grâce à l'outil ARIES et à l'assistance technique de l'UNSD. Les données utilisées pour la compilation étaient les cartes de l'occupation des sols réalisées par l'Agence nationale de l'Aménagement du Territoire (ANAT, Landsat 2010) et le Centre de suivi écologique (CSE, Landsat 2015). Un travail d'harmonisation entre les deux cartes a permis d'établir une nomenclature détaillée de 19 classes selon cinq thèmes : (i) surface artificialisée ; (ii) zone dénudée ; (iii) surface cultivée ; (iv) surface boisée et (v) région hydrique.

Les résultats montrent que le Sénégal est principalement constitué de **surface boisée**, soit 69,8% de la superficie totale en 2010. Sa superficie a toutefois connu une régression de 5,6% sur la période 2010- 2015. La deuxième classe la plus importante est celle des **surfaces cultivées** (24,4% en 2010) qui, par contre, a vu sa superficie augmenter de 13,5%. Les **régions hydriques** ont une faible part dans la répartition de la superficie (3,8% en 2010) mais se sont étendues de 16,4%. Les **zones dénudées** et les **surfaces artificialisées** représentaient 2% de la superficie totale en 2010 (1,5% et 0,5% respectivement). Elles ont connu une expansion de 0,7% tirée par celle des surfaces artificialisées (21,9%).

La compilation des comptes de l'occupation des sols a aussi permis de calculer l'indicateur **15.1.1 « Surface des zones forestières, en pourcentage du total des terres émergées de l'ODD 15 »**. L'indicateur est passé de 39,1% en 2010 à 37,6% en 2015 traduisant une dégradation de la forêt avec un taux de changement annuel de -0,8% (**sous indicateur 1 de l'indicateur 15.2.1**).

## CONTEXTE ET JUSTIFICATION

Le projet « comptabilité économique et environnementale pour une politique factuelle au Sénégal » résulte d'une volonté de collaboration entre l'Agence nationale de la Statistique et de la Démographie du Sénégal (ANSD) et la Division de Statistique des Nations Unies (UNSD). Il vise à éliminer les obstacles techniques et institutionnels relatifs à l'établissement de comptes économiques et environnementaux au niveau national.

La mise en œuvre du Système de Comptabilité Economique et Environnementale (SCEE) concernant à la fois le cadre central et la comptabilité des écosystèmes s'est accélérée au cours des dernières années.

Cette accélération est justifiée par les apports du SCEE dans l'analyse de plusieurs initiatives prises par la communauté internationale en matière de développement durable et de préservation de la biodiversité, parmi lesquelles le programme de développement durable à l'horizon 2030, le cadre mondial de la biodiversité pour l'après-2020 et l'Accord de Paris. En effet, de par le lien que le SCEE établit entre l'environnement et l'économie, il permet de mieux comprendre et d'apprécier les compromis à opérer et les synergies à mettre en œuvre dans la mise en place de politiques intégrées.

L'étude objet du présent rapport participe à la mise en œuvre du SCEE conformément à la stratégie globale déclinée au niveau international. Une des principales caractéristiques de cette stratégie a trait au soutien accordé aux différents pays, qui sont appelés à recourir à une approche flexible et modulaire. Plus spécifiquement, il s'agit de :

- renforcer les capacités techniques dans les pays pour la compilation des comptes sélectionnés sur une base régulière ;
- prendre en compte les priorités et les demandes politiques ;
- assurer la coordination nationale et internationale avec les parties prenantes ;
- procéder à une planification stratégique des activités à mener ;
- créer les mécanismes facilitant la mise en œuvre ;
- élaborer et diffuser les comptes ;

- favoriser les relations interinstitutionnelles pour promouvoir la collaboration et le partage de données dans la production des comptes ;
- promouvoir la communication et l'utilisation efficaces des comptes pour soutenir des politiques factuelles et le suivi des ODD ;
- renforcer les systèmes statistiques nationaux.

Concrètement, au regard de ces orientations énumérées, l'UNSD et les autorités sénégalaises ont convenu de procéder à la compilation de comptes SCEE et de canaliser leurs efforts à travers l'élaboration et la mise en œuvre d'un plan national pour l'avancement de la comptabilité économique et environnementale, tout en procédant au renforcement des capacités des acteurs.

Ainsi, après l'élaboration du compte des forêts et des ressources en bois, il a été décidé d'élaborer le compte de l'occupation des sols.

Le présent rapport sera articulé autour de cinq parties. D'abord, le Sénégal est présenté d'un point de vue géographique. Il est suivi par les différentes étapes aboutissant à la compilation du compte ainsi que l'approche méthodologique. Enfin, les résultats sont analysés avant de calculer l'indicateur ODD dérivé du compte.

## **I. BREVE PRESENTATION DU SENEGAL**

Le Sénégal est situé à l'extrême ouest du continent africain, entre 12°5 et 16°5 de latitude Nord et 11°5 et 17°5 de longitude ouest. Il couvre une superficie de 196 712 Km<sup>2</sup>. Il est bordé par la Mauritanie au Nord, le Mali à l'Est, la Guinée et la Guinée Bissau au Sud et l'Océan Atlantique à l'Ouest.

Il est administrativement découpé en 14 régions que sont : Dakar, Diourbel, Fatick, Kaffrine, Kaolack, Kédougou, Kolda, Louga, Matam, Saint-Louis, Sédhiou, Tambacounda, Thiès et Ziguinchor. En 2022, la population est estimée à 17 738 795 habitants. La répartition selon le genre donne un léger avantage aux femmes qui représentent 50,2% de la population. Par ailleurs, la répartition de la population est très inégalitaire entre les entités administratives régionales. En effet, la région de Dakar qui couvre 0,3% de la



superficie du pays abrite 22,8% de la population, soit une densité de 7 390 habitants au Km<sup>2</sup>. A l'opposé, Kédougou est la région la moins peuplée avec une proportion de 1,1% de la population sénégalaise pour 8,5% du territoire national, soit une densité de 12 habitants au Km<sup>2</sup> (ANSD, 2022).

Le Sénégal présente un taux d'urbanisation supérieur à la moyenne observée en Afrique subsaharienne (40 %). En effet, selon les projections démographiques 2021 de l'ANSD, le Sénégal comptait 47,4% de citoyens contre 52,6% de personnes résidant en milieu rural. La proportion de citoyens a quasiment doublé ces dernières décennies. De 23 % dans les années 1960, elle est passée à 47,4 % en 2021 et devrait s'établir à 60 % à l'horizon 2030. Ce sont les centres urbains, et principalement la capitale Dakar, qui tirent la croissance en abritant 46,8% de la population urbaine. Il convient de relever que les processus de périurbanisation se traduisent par une forte tension sur le foncier agricole.

Le Sénégal connaît une saison des pluies de juin à octobre (période des moussons nommée hivernage) et une saison sèche qui s'étale d'octobre à mai, tempérée par les alizés (températures entre 22 °C et 30 °C). Le climat est désertique au nord et tropical au sud. C'est un pays relativement plat avec une altitude moyenne inférieure à 50 m sur près de trois quarts du territoire. Les sols présentent un gradient pédologique d'aptitude décroissante d'Ouest en Est et sont très diversifiés : sols sablonneux et secs ; sols ferrugineux et sols latéritiques.

Le type de végétation est très dépendant de la pluviométrie et souvent imposé par endroit par le mode d'utilisation des sols. Trois grands domaines biogéographiques (CSE, 2010) sont répartis du nord au sud : le domaine sahélien où dominent les acacias et les graminées annuelles, le domaine soudanien avec la savane arborée ou arbustive et le domaine guinéen caractérisé par une forêt semi-sèche dense.

Le Sénégal dispose de ressources en eaux superficielles et souterraines relativement importantes. Le massif du Fouta Djallon donne naissance aux quatre fleuves qui traversent le pays : le Sénégal et la Gambie (les deux principaux fleuves), le Saloum et la Casamance. Ces cours d'eau ont des affluents dont les plus gros sont : la Falémé pour le Sénégal, le

Sine et le Koula pour le Saloum, le Soungrougrou pour la Casamance, et le Niokolo Koba pour la Gambie. Il existe également des bassins côtiers. Quelques lacs et mares complètent ce réseau hydrographique dont le plus important est le Lac de Guiers localisé dans la zone du Ferlo au climat semi-aride.

## **II. ORGANISATION DU TRAVAIL ET PROCESSUS DE COMPILATION DES COMPTES**

La compilation initiale d'un compte d'occupation des sols nécessite plusieurs étapes qu'il ne sera peut-être pas nécessaire d'entreprendre pour chaque cycle de données, mais qu'il conviendra de revoir périodiquement en conjonction avec les cycles périodiques de budgétisation et de planification.

Parmi ces étapes, la mise en place d'organes en charge de la compilation et les activités de renforcement de capacités peuvent être citées.

### **1. Les organes mis en place**

La réalisation du compte de l'occupation des sols a nécessité une démarche inclusive et participative en partenariat avec les structures techniques compétentes. C'est dans cet esprit qu'un comité technique chargé de l'élaboration de ce compte a été mis en place. Il est composé de :

- l'Agence nationale de la Statistique et de la Démographie (ANSD) ;
- la Direction de la Planification et de la Veille environnementale (DPVE) ;
- la Direction des Eaux et Forêts, Chasses et de la Conservation des Sols (DEFCCS) ;
- l'Agence nationale de l'Aménagement du Territoire (ANAT) ;
- le Centre de Suivi écologique (CSE) ;
- la Direction de la Gestion et de la Planification des Ressources en Eau (DGPRE) ;
- l'Institut des Sciences de l'Environnement (ISE).

### **2. Renforcement de capacités des membres du Comité technique**

En vue d'une prise en charge du travail envisagé, diverses séances de renforcement de capacité ont été organisées. Elles ont démarré d'abord sous la forme d'un atelier en ligne. Ensuite, ce fut des sessions hebdomadaires avec l'accompagnement d'experts de la

Division de Statistique des Nations unies (UNSD) et de Basque Centre for Climate Change (BC3). Des ateliers nationaux et des réunions techniques ont aussi été tenus.

### **a. Formation en ligne**

Les membres du comité technique ont suivi une formation en ligne sur l'outil ARIES for SEEA Explorer. L'objectif de cette formation était d'aider le personnel technique de l'ANSD et les membres du Comité Technique à mieux comprendre la méthodologie et les pratiques de compilation des comptes d'actifs pour les terres et d'étendue des écosystèmes à l'aide de cet outil.

### **b. Ateliers nationaux et réunions techniques**

Avant de commencer la mise en œuvre et les activités, l'ANSD et ses partenaires ont procédé au lancement officiel du projet à travers un atelier organisé le 04 mai 2021. L'objectif du lancement était d'informer les entités nationales concernées par le projet et de susciter leurs intérêts afin de favoriser leur adhésion. En effet, la mise en œuvre du SCEE est véritablement une approche multipartite et nécessite la coopération de nombreux partenaires et de structures nationales. Plus spécifiquement, la journée de lancement du projet visait à assurer son appropriation par les différentes parties prenantes et à les inviter à participer aux comités techniques nationaux pour la mise en œuvre du SCEE au Sénégal.

A l'échelle nationale, le comité technique s'est réuni plusieurs fois dans le cadre du processus. En effet, des ateliers nationaux de renforcement de capacités et de cadrage méthodologique ont été organisés :

- atelier de formation sur l'outil ARIES for SEEA Explorer du 24 au 25 août 2021 ;
- réunion technique de travail en interne sur l'harmonisation de la classification nationale à retenir, le 12 octobre 2021 ;
- réunion technique de travail en interne sur l'harmonisation de la classification nationale à retenir, le 18 octobre 2021 ;
- réunion technique de travail en interne sur l'harmonisation de la classification nationale à retenir, le 26 octobre 2021

- réunion technique de travail en interne sur l'harmonisation de la classification nationale à retenir, le 27 octobre 2021
- atelier d'élaboration du compte de la couverture des terres et de l'occupation des sols du 08 au 12 novembre 2021 ;
- sessions de renforcement de renforcement de capacité sur l'outil ARIES for SEEA Explorer, tous les jeudis sur la période allant de février à avril 2022 ;
- atelier de consolidation du rapport du compte de la couverture des terres et de l'occupation des sols, du 25 au 27 juillet 2022.

Les différentes rencontres ont permis de :

- renforcer les capacités techniques de l'équipe sur l'outil ARIES for SEEA Explorer et dans le domaine de la compilation du compte de la couverture des terres et de l'occupation des sols ;
- harmoniser la classification des cartes d'occupation des sols du CSE et de l'ANAT ;
- identifier les difficultés rencontrées pour la compilation du compte de la couverture des terres et de l'occupation des sols, rechercher des solutions efficaces et formuler une meilleure stratégie permettant de poursuivre et d'achever avec succès ce type de compte.

### III. APPROCHE METHODOLOGIQUE

Le SEEA-CC définit l'occupation des sols comme la couverture physique et biologique observée de la surface de la Terre et qui comprend la végétation naturelle et les surfaces abiotiques. Au niveau international, les différentes classes d'occupation des sols sont basées sur les définitions du Land Cover Classification System (LCCS) de la FAO et sont au nombre de 14.

*Tableau 1: Classification de l'occupation des sols*

Catégorie
1 Surfaces artificielles (y compris les zones urbaines et associées)
2 Cultures herbacées
3 Cultures ligneuses
4 Cultures multiples ou en couches
5 Prairie

6	Zones couvertes d'arbres
7	Mangroves
8	Zones couvertes d'arbustes
9	Arbustes et/ou végétation herbacée, aquatique ou régulièrement inondée
10	Zones à végétation naturelle clairsemée
11	Terre aride terrestre
12	Neiges permanentes et glaciers
13	Plans d'eau intérieurs
14	Masses d'eau côtières et zones intertidales

Source : SCEE 2014

Les principales données utilisées dans l'élaboration du compte physique de l'occupation des sols sont celles de télédétection (photographie aérienne ou images satellitaires).

Afin de faciliter la compilation des comptes du SCEE, des chercheurs du Basque Centre for Climate Change ont développé un outil rapide et facile à utiliser « ARIES for SEEA ».

Ainsi, l'élaboration du compte physique de la couverture des terres s'est appuyée sur deux produits cartographiques du Sénégal de 2010 et 2015 par respectivement, l'ANAT et le CSE. Les deux cartes ont été implémentées dans le logiciel ARIES en utilisant la classification nationale déterminée suite aux travaux du comité technique.

### **1. Carte d'occupation du sol de l'ANAT**

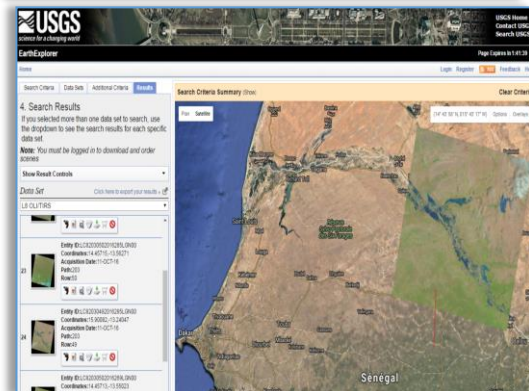
Dans le cadre de l'élaboration du Plan National d'Aménagement et de Développement territorial (PNADT), la donnée constitue l'infrastructure permettant d'asseoir, sur des bases solides, toute stratégie de gestion et de planification sur l'usage des ressources naturelles. C'est dans ce cadre que l'ANAT a entamé, entre autres, la production d'une carte d'occupation du sol du Sénégal pour l'année 2010 à partir d'images Landsat dont la résolution spatiale (dimension d'un pixel) est de 30mx30m avec une référence spatiale caractérisée par le WGS 84 UTM Zone 28N. Une première validation technique du résultat par la méthode de *l'accuracy assessment* (Annexe 2), concernant toutes les classes extraites de la classification, a été effectuée pour juger du degré de fiabilité du résultat de la classification par le calcul du coefficient Kappa (0,88%).

Ce travail a été fait en s'appuyant sur d'anciens travaux d'occupation du sol notamment ceux de la FAO de 1984, du REP-SAHEL, et du CSE.

## a. Acquisition d'images

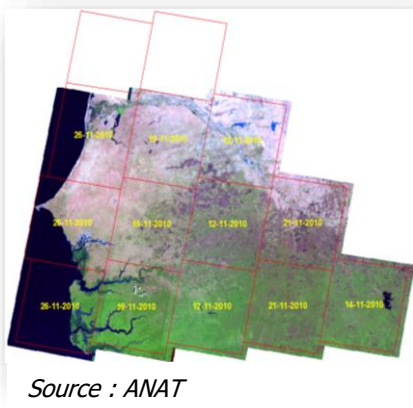
Avant d'acquérir les images, des critères ont été établis en vue de mieux orienter le travail et dans un souci lié à l'accès à la donnée. Ainsi, pour la période, elle a été effectuée sur les images de novembre ou à défaut octobre et décembre. Ce choix est dicté par la couverture nuageuse fréquente au-dessus du pays de juillet à octobre. Les images ont été obtenues via le site de téléchargement de l'USGS<sup>1</sup> qui est un serveur libre de données d'images satellitaires comme Landsat, Sentinel-2 etc. Il offre la possibilité de voir la qualité en termes de couverture nuageuse de la scène à télécharger mais également sa position géographique visée avant même le téléchargement. Les images ont été téléchargées par lot de bandes compressées correspondant à une scène. Une scène (voir ci-dessous) est la portion de terre qu'un capteur est capable de photographier à chaque acquisition. Elle est différente du pixel. Une scène est composée de pixels et a, pour le satellite Landsat, une fauchée de 185km.

Figure 1: VISUALISATION D'UNE SCENE TELECHARGEABLE SUR USGS



Source : ANAT

Figure 2: DATE D'ACQUISITION DES SCENES COUVRANT LE SENEGAL EN 2010



Source : ANAT

Les bandes ainsi téléchargées sous format compressé seront décompressées et l'image correspondante à chaque scène sera ainsi constituée en regroupant les bandes.

Ce regroupement est effectué grâce à la fonction **layer stack** d'ERDAS IMAGINE. Le nombre de canaux ou bandes à regrouper pour former une image multi spectrale dépend

<sup>1</sup> United States Geological Survey : <https://earthexplorer.usgs.gov/>

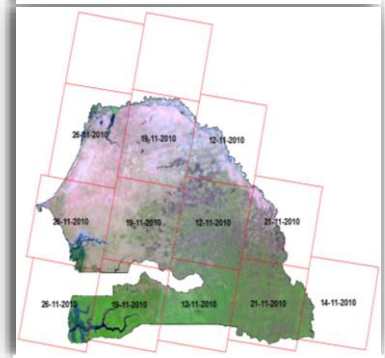
de l'étude et de l'objectif visé. Douze (12) à treize (13) scènes suffisent pour couvrir toute l'étendue du Sénégal (Figure 2).

### **b. Prétraitement de l'image**

Les images Landsat sont fournies dans la plupart des cas avec une correction géométrique systématique. Néanmoins avant leur utilisation, un ensemble de processus a été suivi comme indiqué ci-dessous :

- Nettoyage des fines portions de nuages avec l'outil **Haze Reduction** d'ERDAS Imagine. Sur certaines scènes, les nuages épais ne disparaissent pas.
- Vérification et recalage des scènes qui se décalent. C'est-à-dire spatialement mal alignées.
- Rehaussement radiométrique et géométrique (amélioration de contraste via l'étalement de la dynamique ou égalisation d'histogramme et filtrage des images).
- Mosaïquage à l'aide de l'outil **mosaic pro** d'ERDAS Imagine
- Les 12 scènes ayant été groupées en une seule image, on procède à l'extraction d'une image unique couvrant toute l'étendue du territoire national (Figure 3).

Figure 3: IMAGE LANDSAT TM DU SENEGAL EN NOVEMBRE 2010

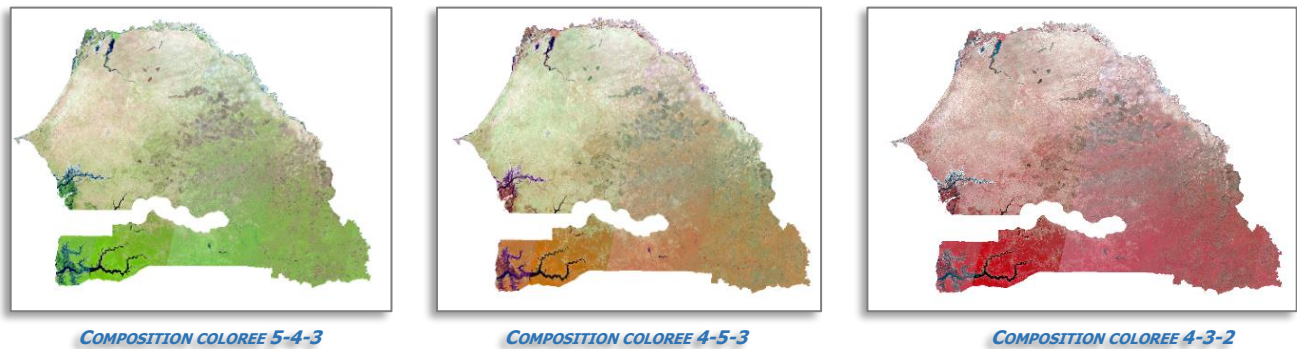


Source : ANAT

### **c. Traitement de l'image**

Il commence par la création de composition colorées vraies ou fausses couleurs. La composition colorée est une technique de combinaison d'informations contenues dans une image dans trois de ses bandes spectrales en les affichant simultanément dans les trois couleurs primaires (rouge, vert, bleu).

Figure 4: Composition colorée



Source : ANAT

Le but de cette opération est de permettre une très bonne interprétation de l'image, source d'un bon choix des thèmes et définition des classes d'occupation du sol. Ainsi les compositions 4-5-3 qui présente la meilleure discrimination des types d'occupation du sol (Chatelain, 1996; Girard, et al., 2010; Oszwald, 2005) ; 4-3-2 naturellement appelée composition fausse couleur et qui donne un meilleur contraste sur la végétation, puis 5-4-3 qui nous donne une image en couleur naturelle ont été utilisées dans l'interprétation de l'image.

#### d. Définition des classes d'occupation du sol

Comme énoncé dans le contexte, pour définir les classes d'occupation du sol, il a été fait recours aux résultats des travaux antérieurs notamment ceux du REP-SAHEL, de la FAO de 1984, et du CSE. Les contraintes énoncées toujours dans le contexte ont conduit à définir comme suit 13 grandes classes d'occupation composées de sous classes.

<b>Forêt</b>	Forêts y compris les galeries
<b>Savane</b>	Savane arbustive, boisée et arborée
<b>Steppe</b>	Steppe
<b>Zone bâtie</b>	Bâti dense et la mosaïque bâti/végétation
<b>Zone de culture sous pluie</b>	Surfaces cultivées /jachères de même que la mosaïque culture/végétation très éparse.
<b>Mangrove</b>	Végétation de l'écosystème mangrove
<b>Zone de culture irriguée</b>	Zones d'irrigation régulière et les grands périmètres maraîchers.
<b>Sol nu</b>	Affleurements rocheux, carrières et mines, les dunes, et les plages.
<b>Vasière</b>	Sols majoritairement constitués de vase et présents dans les deltas du Saloum et de la Casamance et à Saint-Louis.



<b>Tanne</b>	Sols salés exondés et les sols salés non vaseux, souvent inondables par les eaux des marais et présents dans le Saloum, la Casamance et Saint-Louis.
<b>Eau et zones inondables</b>	Cours d'eau, les lacs, mares et les plaines inondables.
<b>Bowés</b>	Formes de bas-fonds surplombés de petites mottes de terre en forme de termitières et observables dans la région de Kédougou et le sud de Tambacounda.
<b>Prairies marécageuses</b>	Zones de stagnations des eaux douces au-dessus desquelles flottent ou poussent une flore aquatique comme le nénuphar ou le typha.

### **e. Classification de l'image Landsat 2010**

La classification est le processus qui permet de passer d'une image satellitaire à une carte d'occupation de sol. C'est un processus de reconnaissance des formes. En télédétection, elle consiste à effectuer la correspondance entre les éléments d'une scène de l'image matérialisés généralement par leurs valeurs radiométriques, et des classes connues a priori (ou non) par un utilisateur. La correspondance est réalisée par des fonctions discriminantes sous forme de règles de décision telles que le "maximum de vraisemblance" des probabilités, ou des distances géométriques. Dans le cadre de ce travail la règle de décision par maximum de vraisemblance a été utilisée.

La méthode de classification utilisée se rapproche beaucoup plus de la méthode dite hybride. Cette méthode consiste à faire une classification automatique suivie d'une interprétation des classes obtenues puis d'une reclassification qui consiste à combiner les classes qui correspondent au même thème choisi en une seule. Les raisons du choix de la méthode automatique sont liées au fait que la région (Sénégal) étudiée n'est pas connue dans sa totalité. Dans cette classification pixel par pixel, seuls les grands ensembles qui constituent le paysage ont fait l'objet de ce traitement ; par exemple pour la classe zone de culture sous pluie, les jachères des zones cultivées ne seront pas distinguées.

## **2. Cartographie de l'occupation du sol du CSE**

La cartographie de l'occupation du sol comporte les 04 étapes suivantes.

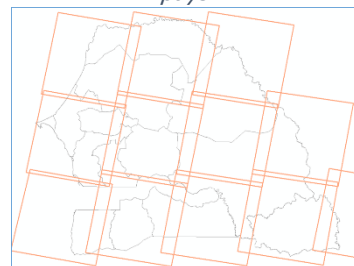
### a. Sélection d'images

La carte d'occupation des sols du Sénégal a été réalisée à partir d'images satellites Landsat-8 prises entre novembre et décembre 2015. Le satellite Landsat-8 fournit une résolution spatiale de 30mx30m et est doté de onze bandes spectrales allant du visible à l'infrarouge thermique. Ces images ont l'avantage d'être gratuites et de convenir à l'échelle du 1/100 000<sup>ème</sup> qui est celle de la production.

### b. Traitement des images

Le prétraitement des images (correction radiométrique et géométrique) a déjà été réalisé par le laboratoire de production. L'opération de mosaïque des images a été nécessaire pour couvrir le pays par douze scènes Landsat-8. La mosaïque consiste à assembler entre elles les bandes identiques des scènes pour former une seule image.

Figure 5 : Mosaïque de la carte du pays



Source : ANAT

Les images sont corrigées géométriquement et projetées conformément à la carte nationale sur la projection Transverse universelle de Mercator (UTM) dans la zone 28 Nord et sur le système géodésique standard mondial WGS 84.

Les éléments d'occupation du sol relatifs à l'habitat, l'agriculture, végétation naturelle,



COULEUR NATURELLE

l'hydrographie et le réseau routier sont numérisés à l'aide d'Arc-GIS à partir d'images rehaussées avec deux compositions : couleur fausse ou naturelle. Ce qui revient à la combinaison en couleur naturelle (654, Annexe-Figure

1) ou en fausse couleur (543, Annexe-Figure 2) de Landsat-8.



COULEUR FAUSSE

### c. Etablissement de la nomenclature et interprétation de l'occupation du sol

La nomenclature (clef d'interprétation) a permis de définir les différentes classes d'occupation des sols et leurs caractéristiques spectrales. La nomenclature utilisée dans cette étude s'est inspirée de celle dite Yangambi (Centre technique forestier tropical, 1978) pour la légende des classes d'occupation décrites dans le Tableau 2.

Compte tenu de la diversité des thèmes à cartographier, de la variabilité des paysages, de l'objectif final de l'étude et de l'échelle de sortie, il est apparu plus judicieux de combiner l'interprétation visuelle aux méthodes numériques d'extraction de l'information (seuillage, classification supervisée et non supervisée et segmentation). L'approche a consisté à s'appuyer sur la documentation existante (cartes topographiques et observations de terrain), la signature spectrale des canaux de l'image et l'expérience de l'opérateur pour délimiter les différentes classes d'occupation des sols.

#### **d. Validation de terrain**

Afin de vérifier la fiabilité de l'interprétation et d'y apporter les corrections nécessaires, des travaux de vérification in situ ont été réalisés sur l'ensemble du pays. Ils ont permis de confronter les éléments observés à l'écran à la réalité du terrain. Des points aléatoires et ceux sur lesquels l'opérateur a eu des doutes ont été sélectionnés et enregistrés dans un GPS pour validation. La mission de terrain a mobilisé un cartographe et un expert forestier. En plus de l'affinement de la répartition thématique des classes d'occupation des sols, la visite a permis d'identifier les formations végétales dominantes et de caractériser le milieu naturel.

### **3. Harmonisation de la classification de la couverture terrestre nationale**

La méthodologie sur l'élaboration des comptes des terres part du principe que les données à comparer doivent être issues du même capteur avec la même source de données, et un même opérateur. Malheureusement, les données en entrée pour ARIES étaient issues au départ de la même source d'images (Landsat 30mx30m) mais de deux opérateurs différents (ANAT et CSE), avec des nomenclatures des classes différentes.

Pour pouvoir procéder à la comparaison de l'occupation du sol sur deux années (2010 et 2015) selon les données issues de deux structures différentes, une harmonisation était nécessaire. Ainsi, plusieurs réunions ont été tenues en amont avec l'ANSD, l'ANAT et le CSE, afin de redéfinir la nomenclature de classes et statuer sur celle à retenir pour la compilation du compte des terres. Un atelier organisé par l'ANSD au mois de novembre 2021 avec la collaboration de l'UNSD, l'ANAT, le CSE et la DEFCCS a permis de valider la nomenclature des classes retenues ainsi que leur correspondance aux concepts d'ARIES.

Le travail d'harmonisation s'est décliné autour de deux axes : l'harmonisation sémantique et l'harmonisation graphique.





### a. Harmonisation sémantique (nomenclature des classes)

Les classes d'occupation du sol de l'ANAT et du CSE étaient différentes de par le nombre de classes et de nomenclature dédié à chaque classe d'occupation du sol. La carte d'occupation du sol 2010 de l'ANAT dispose de 24 classes après désagrégation des 13 grandes classes initialement extraites. La classification du CSE 2015 est constituée de 26 entités.

Tableau 2: Harmonisation des classes CSE-ANAT

Classes	CSE	ANAT	Harmonisation
<b>1</b>	Carrière/Mine/Infrastructure	Zone d'exploitation minière Espace aéroportuaire	<b>Carrière, mines et infrastructures</b>
<b>2</b>	Cours d'eau	Plan d'eau douce	<b>Cours d'eau</b>
<b>3</b>	Culture irriguée	Culture irriguée	<b>Culture irriguée</b>
<b>4</b>	Culture maraîchère	Culture maraîchère	<b>Culture maraîchère</b>
<b>5</b>	Culture pluviale/jachère	Culture pluviale	<b>Culture pluviale</b>
<b>6</b>	Dune Sol nu	Zone dénudée Zone dénudée	<b>Sol nu</b>
<b>7</b>	Forêt claire Forêt dense Forêt- galerie	Forêt Forêt galerie	<b>Bois ou forêt</b>
<b>8</b>	Lac	Plan d'eau douce	<b>Lac</b>
<b>9</b>	Localité	Zone bâtie	<b>Localité</b>
<b>10</b>	Mangrove	Mangrove	<b>Mangrove</b>
<b>11</b>	Mare	Mare	<b>Mare</b>
<b>12</b>	Plaine inondable	Zone inondable	<b>Zone inondable</b>
<b>13</b>	Plantation forestière/verger	Verger	<b>Plantation forestière</b>
<b>14</b>	Prairie aquatique	Prairie marécageuse	<b>Prairie marécageuse</b>
<b>15</b>	Savane arbustive	Bowé	<b>Savane arbustive</b>
<b>16</b>	Savane arborée Savane boisée	Savane	<b>Savane</b>
<b>17</b>	Steppe arbustive Steppe arbustive à arborée	Steppe Vallée fossile	<b>Steppe</b>
<b>18</b>	Tanne	Tanne sec Tanne humide	<b>Tanne</b>
<b>19</b>	Vasière	Vasière	<b>Vasière</b>
		Eau de mer (Océan)	

#### LEGENDE

	Nomenclature correspondante		Nomenclature différente		Classes agrégées		Classes non considérées
---	-----------------------------	---	-------------------------	---	------------------	---	-------------------------

Source : ANAT/ CSE

La classification retenue au niveau national distingue les cinq grandes thématiques qui font ressortir une typologie assez complète de l'occupation du sol.

*Tableau 3:Thématiques selon les classes retenues*

Thèmes	Classes retenues
SURFACE ARTIFICIALISEE	Localité
	Carrière - Mine - Infrastructure
ZONE DENUDEE	Dune côtière
	Sol nu
SURFACE CULTIVEE	Culture pluviale
	Culture irriguée
	Culture maraîchère
SURFACE BOISEE	Forêt
	Savane
	Savane arbustive
	Steppe
	Mangrove
	Plantation forestière
REGION HYDRIQUE	Cours d'eau
	Lac
	Mare
	Plaine inondable
	Tanne
	Vasière
	Prairie marécageuse

*Source : ANAT/CSE*

### **b. L'harmonisation cartographique**

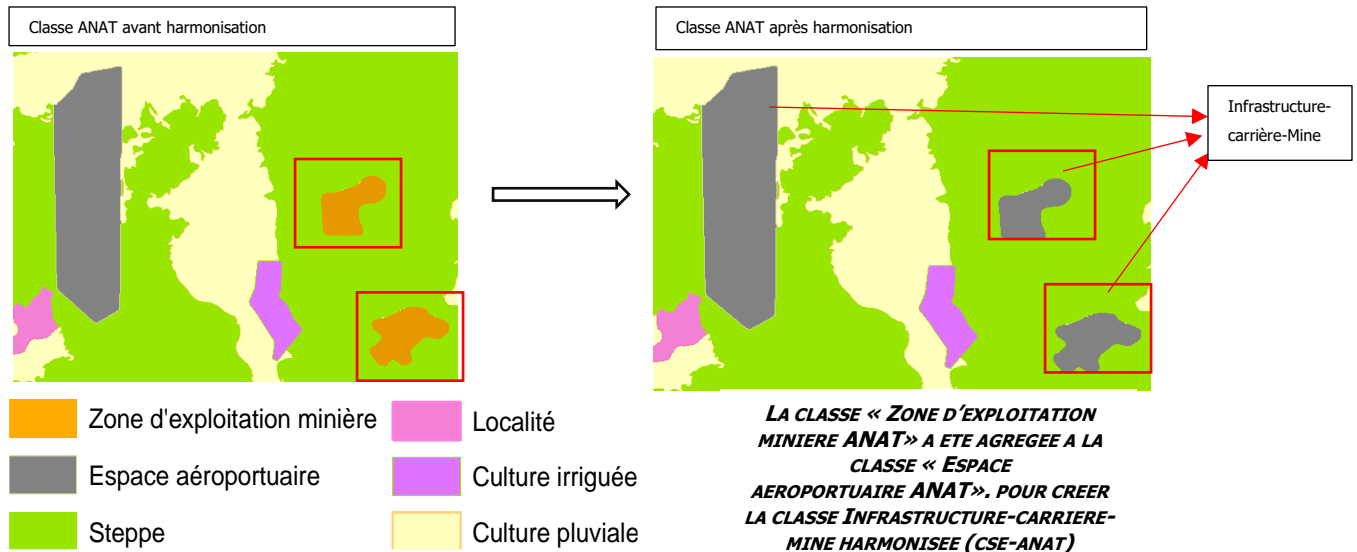
Les différentes rencontres du comité ont conduit à l'harmonisation de la cartographie, étape qui était nécessaire à la comparabilité des deux cartes d'occupation du sol (CSE et ANAT).

### ***Agrégation / Désagrégation des classes***

Il s'agit de mettre en pratique l'harmonisation sémantique des classes retenues. Ces dernières doivent être représentées de manière spatiale tout en respectant les contours réels pour chaque année.

Le processus d'agrégation et de dissociation a été réalisé avec le logiciel ArcGis.

*Figure 6: Exemple d'agrégation des classes et d'harmonisation*



Source : ANAT/CSE

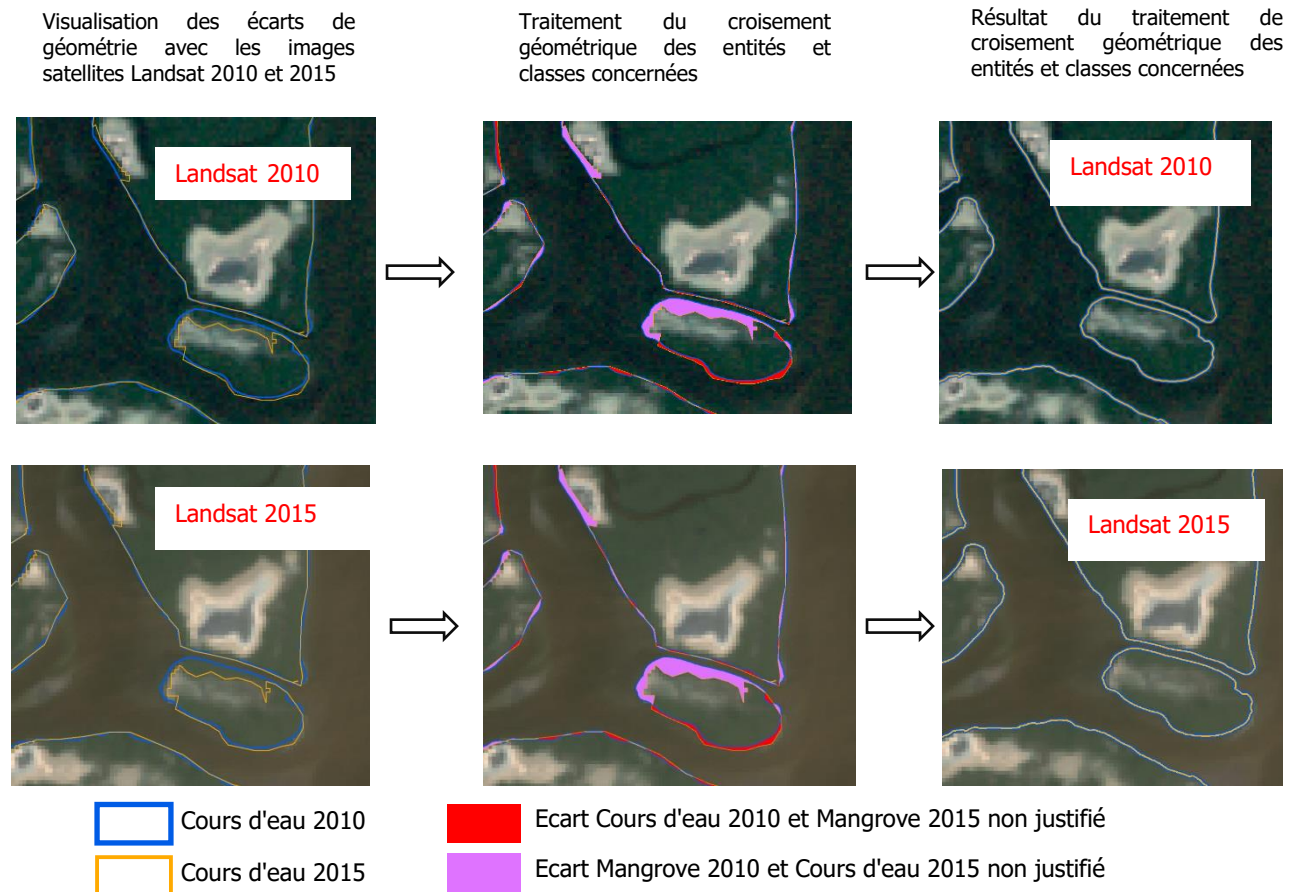
Cependant, après une analyse visuelle, de nombreux écarts ont été identifiés entre les données spatiales des deux années. En effet, les cartes d'occupation du sol (2010 et 2015), étant réalisées par deux sources différentes (éventuellement deux méthodologies et des techniciens différents), présentent des écarts de géométrie qui ne se justifient pas toujours par l'évolution spatiale des classes entre 2010 et 2015.

Il était donc nécessaire de corriger ces écarts afin d'être en mesure de faire une comparaison fiable. Des chaînes de traitement avec les outils d'ET Geo Wizards et ArcGis ont permis de les identifier et par la suite les agréger à la classe correspondante de l'occupation du sol de l'année 2015.

A titre d'exemple, les écarts en couleur mauve issus du croisement entre la classe « Mangrove 2010 » et la classe « Cours d'eau 2015 » sont fusionnées à la classe

« Mangrove 2015 ». Les classes « Cours d'eau, Mangrove, Vasière, Tannes, culture maraichère » étaient plus concernées par ce fait. Cette problématique est illustrée par ces captures d'images (Figure 7).

*Figure 7: Correction des écarts géométriques*



Source : ANAT/CSE

### c. Corrections topologiques et géométriques

Dans le souci de disposer de données fiables, des corrections géométriques et topologiques (erreurs de superposition et de discontinuité) ont été effectuées en collaboration avec l'expert SIG de la Division des Statistiques des Nations unies. Les erreurs de manipulation des données et les différents traitements effectués génèrent parfois :

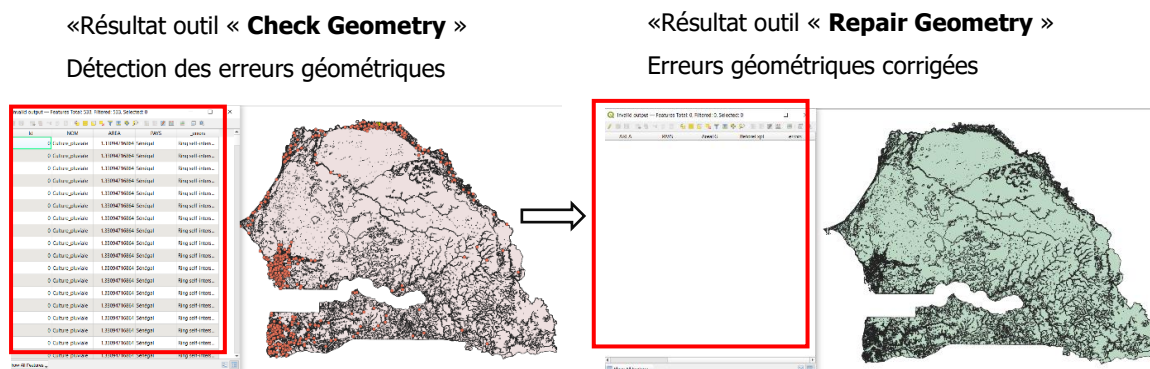
- des superpositions de polygones ou une partie d'un polygone (doublons, chevauchements, etc.) ;

- des trous entre les bordures ou à l'intérieur des polygones ;
- des micro-polygones qui pourraient créer des irrégularités lors de la conversion des vecteurs en raster, d'où l'importance de définir un seuil de tolérance.

Ces types d'erreurs peuvent empêcher l'exécution de certains traitements statistiques ou fausser l'exactitude des résultats d'analyse spatiale.

Pour ce faire, les outils de correction géométrique d'ArcGis « Check Geometry » et « Repair Geometry », ont été utilisés. Ils permettent en premier lieu de détecter les différents types d'erreurs et les corriger par la suite.

*Figure 8: Corrections topologiques*



Source : ANAT/CSE

L'outil « Topology » d'ArcGis a permis d'identifier les erreurs de superposition et les vides après indication des différentes règles à vérifier (Annexe-Figure 8). Une correction manuelle a été effectuée afin de faciliter le choix de la classe à privilégier.

#### IV. ANALYSE DES RESULTATS

L'analyse des résultats est faite à travers la description des cartes et l'examen du compte physique d'occupation du sol.

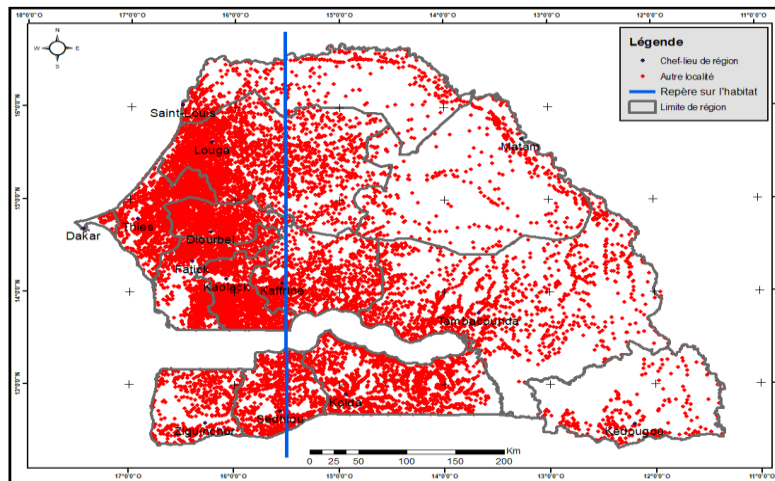
##### 1. Description des cartes de 2010 et 2015

Après leur passage à travers les chaines de traitement sémantiques, géométriques et topologiques, les cartes d'occupation du sol 2010 et 2015 obtenues peuvent être comparées de manière fiable.



La classe « Localité » est beaucoup plus remarquable dans le Quart-Ouest du Sénégal. Elle est l'une des classes qui présente les évolutions les plus rapides dues à l'étalement rapide des localités comme Dakar, Mbour et Touba.

Figure 9: Carte des localités du Sénégal



Source : CSE

D'autres classes comme la « culture pluviale » et la « steppe » sont également présentes dans le Quart-Ouest. La « culture maraîchère » est généralement pratiquée dans la zone des Niayes où les classes « Sol nu » et « Dune » sont assez présentes.

Le Nord du pays, qui correspond au bassin du Fleuve Sénégal, est marqué par des paysages humides tels que les plaines inondables et les prairies marécageuses. On y note aussi la forte présence des cultures irriguées, en plus du sol nu et de quelques zones de culture pluviales.

Les zones humides sont aussi repérées sur la Petite Côte et au Sud-Ouest (Casamance) qui enregistrent, en outre, des vasières et des tannes, dont la présence est favorisée par les fleuves Sine Saloum et Casamance.

Au Nord-Ouest, la brèche de Saint-Louis, jonction entre le fleuve et l'océan Atlantique, a été ouverte en 2003 sur quatre mètres, pour sauver la ville de Saint-Louis des risques d'inondation. Cependant, d'année en année, les changements climatiques et la dynamique sédimentaire ont finalement porté l'élargissement de la brèche à plus de 7 km causant

d'énormes dégâts environnementaux (GAC, et al., 1950; KANE , 1997; KANE, 1985; LAMAGAT, 2000; SECK, 2004). Il en résulte les transitions spatiales assez atypiques que sont les passages de classes « sol nu » et « steppe » à la classe « cours d'eau ».

Le Sud, l'Est et une partie du Nord sont assez représentatifs des paysages végétaux du pays mais se différencient de par leur typologie. Le Nord est essentiellement steppique, l'Est étant constitué de savanes tandis que l'extrême sud et le Centre-Ouest sont constitués de forêt et de mangroves. La zone charnière entre la région de Dakar et celle de Thiès, notamment le long du massif de Diass jusqu'au plateau de Thiès, présente aussi un paysage végétal de type steppique et aussi de plus en plus l'existence notoire de nouveaux champs d'irrigation ou de maraîchage.

Cette même zone des Massifs concentre des activités d'exploitations minières portant sur les phosphates, le calcaire, le grès, etc. Les autres activités d'exploitations minières sont celles de Sabodala à l'Est, de Ndendory au Nord et des mines de zircon et d'ilménite à Diogo (dans la commune de Méouane), et enfin de basalte à Ngoudiane.

## **2. Compte physique de l'occupation du sol**

### **a. Compte physique de l'occupation du sol**

Le champ du compte de l'occupation du sol d'un pays est défini par ses zones de terres et eaux intérieures associées. Le compte d'occupation du sol a pour objectif de décrire les superficies (stock) de chaque classe d'occupation et les changements qui s'y produisent durant un exercice comptable.

La superficie totale du pays ne change pas en règle générale. « Toutefois, il y a des situations où la superficie des terres d'un pays peut évoluer. Elle peut par exemple augmenter à la faveur de la conquête de nouvelles terres, par la construction de digues et autres barrières de protection (exemple du port de Dakar). Elle peut également diminuer, en raison, par exemple, de l'affaissement du sol ou de la montée des eaux. Par ailleurs, la superficie totale des terres peut changer pour des raisons politiques. Par exemple, elle peut augmenter ou diminuer dans le sillage de guerres et des événements qui leur sont associés ; de plus, il est fréquent que des territoires soient contestés, ce qui

peut entraîner des changements de superficie. Les zones entrant dans le champ des statistiques de l'occupation des sols et de l'utilisation des terres doivent être clairement définies pour éviter toute confusion. » (Nations unies, 2012)

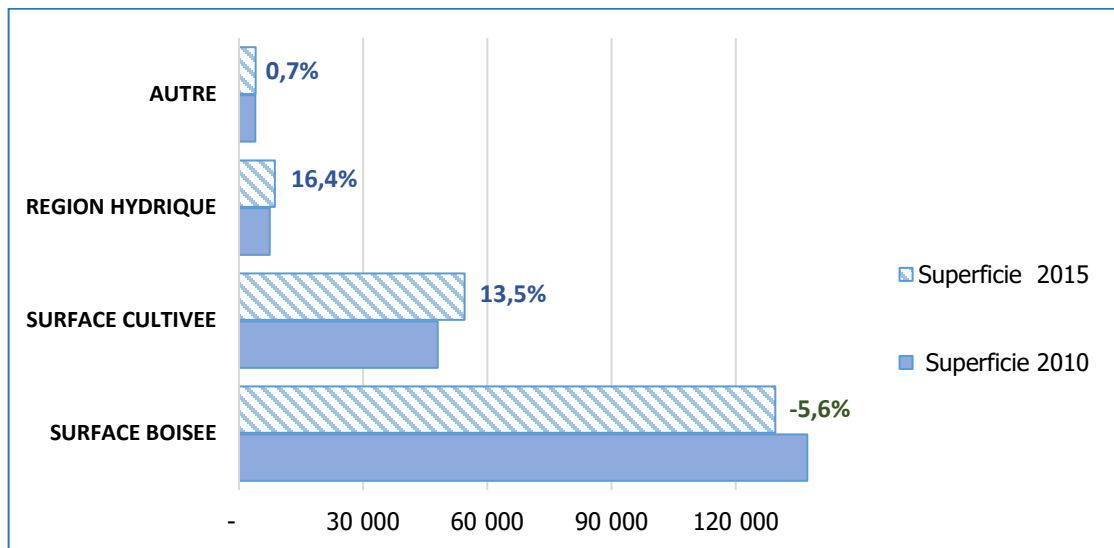
Les différentes causes des changements notés entre l'ouverture et la fermeture sont les suivantes :

- une expansion ou une régression encadrée : elles sont respectivement l'accroissement ou la réduction de la superficie d'une classe d'occupation due à l'activité humaine ;
- une expansion ou une régression naturelle : il s'agit de l'accroissement ou de la réduction de la superficie résultant d'un processus naturel ;
- les réévaluations : elles constituent l'augmentation ou la diminution des superficies dues à des informations actualisées (utilisation d'outils plus précis, confirmation des images satellites, etc.)

La résultante des différents changements qui peuvent intervenir dans une classe d'occupation du sol est appelée **changement net**. L'unité de mesure physique à considérer est le km<sup>2</sup>.

Une analyse selon les classes regroupées en cinq thématiques (Annexe-Tableau 4) montre que le Sénégal est principalement constitué de surface boisée. En effet, cette classe occupait 69,8% du pays en 2010, même si elle a régressé de 5,6% entre 2010 et 2015. Elle est suivie des surfaces cultivées (24,4% en 2010) qui par contre, ont augmenté de 13,5% sur la période 2010-2015. Même si les régions hydriques ont une part faible dans la répartition de la superficie (3,8% en 2010), leur étendue s'est accrue de 16,4%. En 2015, elles constituent 4,4% du pays. Les zones dénudées et les surfaces artificialisées représentaient un peu plus de 2% de la superficie totale en 2010 (1,5% et 0,5% respectivement). Elles ont connu une expansion de 0,7%, résultat d'une hausse de 21,9% des surfaces artificialisées mais amoindrie par la réduction de 7,2% des zones dénudées.

Figure 10: Superficies (en km<sup>2</sup>) des cinq thématiques en 2010 et 2015



Source : Compte de l'occupation des sols du Sénégal 2010-2015

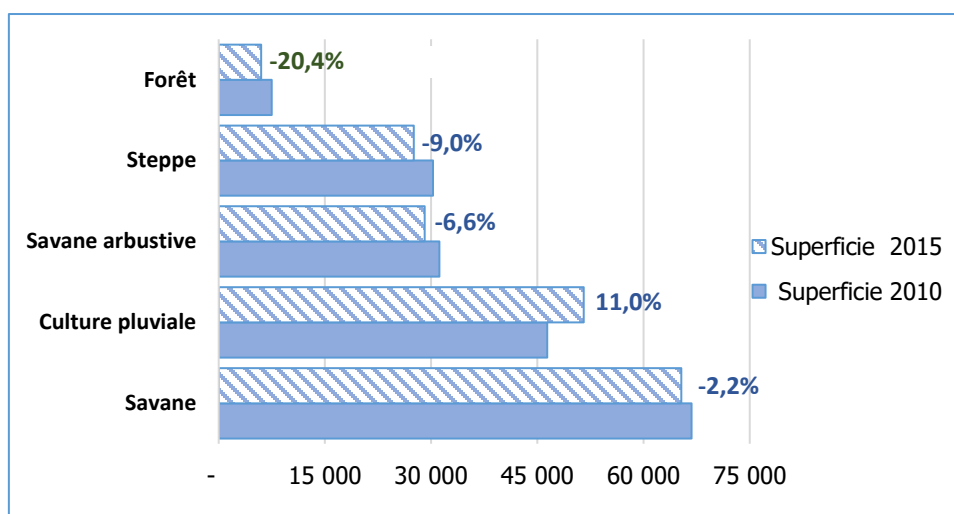
Spécifiquement, le compte de l'occupation des sols du Sénégal 2010-2015 (Annexe-Tableau 5) montre que parmi les 19 classes retenues, deux constituaient plus de la moitié du pays en 2010. En effet, la savane occupait plus du tiers (33,9%) et sa part est restée importante (33,2%) en 2015 malgré une baisse de 2,2% de sa superficie. Elle est suivie par la culture pluviale qui représentait 23,6% du pays en 2010. Sa superficie a augmenté de 11,0% sur la période, établissant sa part à 26,2% en 2015.

La savane arbustive et la steppe occupent chacune plus de 15% de la superficie totale. Elles ont toutes les deux légèrement rétréci sur la période, (-6,6% pour la savane arbustive et -9,0% pour la steppe). En 2015, elles représentent au total, 28,8% de la superficie.

Les forêts ne représentent que le 30<sup>ième</sup> du pays. Plus précisément, en 2010, elles occupaient 3,8% puis leur superficie s'est amenuisée de 20,4% pour s'établir à 3,0% de la superficie du pays en 2015.

Ces cinq principales classes occupent plus de 90% de la superficie totale du pays.

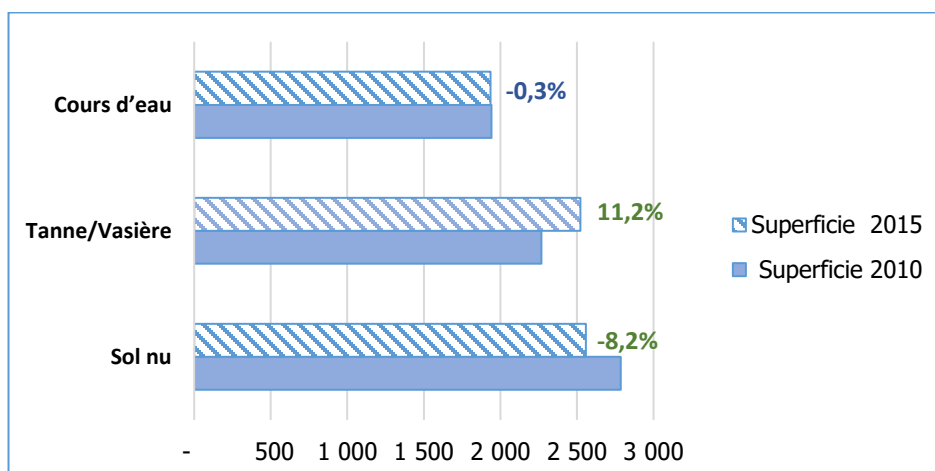
Figure 11: Superficies (en km<sup>2</sup>) des cinq premières classes en 2010 et 2015



Source : Compte de l'occupation des sols du Sénégal 2010-2015

Hormis ces principales classes, les sols nus, les tannes et les cours d'eau occupent approximativement chacun 1% du total du pays. Malgré une réduction de 8,2% de sa superficie, la part des sols nus dans le total est restée quasi-stable (de 1,4% à 1,3%). De même, les cours d'eau représentent, sur les deux périodes, 1,0% du total avec une légère baisse de 0,3%. Seules les tannes, avec l'avancée de la langue salée, ont augmenté de 11,7%, occupant 1,3% du pays en 2015 contre 1,2% en 2010.

Figure 12: Superficies (en km<sup>2</sup>) des trois classes intermédiaires en 2010 et 2015



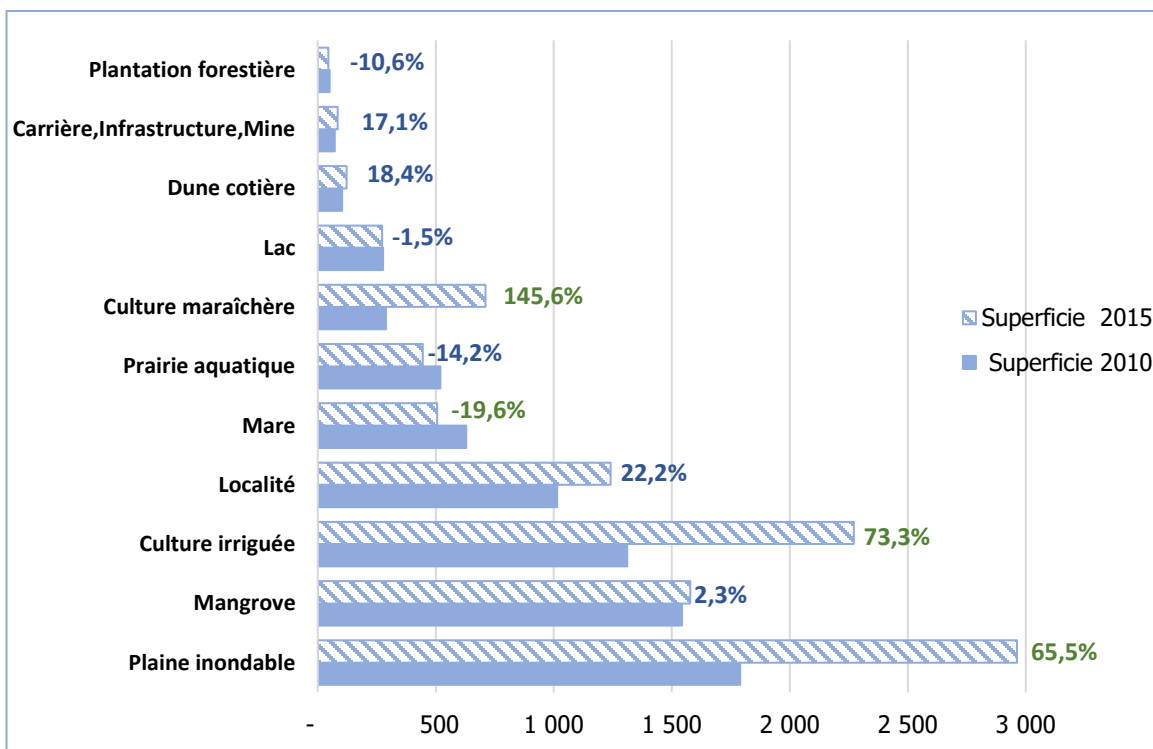
Source : Compte de l'occupation des sols du Sénégal 2010-2015

Le reste des classes d'occupation sont passées de 3,9% du total en 2010 à 5,2% en 2015. Cela s'explique par l'augmentation de 145,6% des cultures maraîchères (amélioration de

la politique horticole), de 73,3% des cultures irriguées (apparition de nouvelle surface irriguées notamment entre Thiès et Dakar) et de 65,5% des plaines inondables.

D'autres classes telles que les localités, les dunes côtières, les carrières, infrastructures, mines et les mangroves ont aussi légèrement augmenté de superficie. La hausse de ces aires a été contrebalancée par la diminution des surfaces des mares (-19,6%), des prairies aquatiques (-14,2%), des plantations forestières (-10,4%) et des lacs (-1,5%).

Figure 13: Superficie (en km<sup>2</sup>) des autres classes en 2010 et 2015



Source : Compte de l'occupation des sols du Sénégal 2010-2015

Le compte d'occupation des sols qui représente les superficies des classes d'occupation sur deux périodes, peut être complété avec la matrice des changements.

### b. Matrice de changements

La matrice des changements, en plus d'afficher les surfaces d'ouverture et de clôture des différentes catégories d'occupation des sols, montre les accroissements et les diminutions pour chaque classe en fonction de la catégorie d'occupation des sols. La matrice de changement du Sénégal 2010-2015 (Annexe-Tableau 6) se lit comme suit : pour chaque

classe, les augmentations sont en colonne, les réductions en ligne et les superficies inchangées sont sur la diagonale. Les principaux changements intervenus selon l'importance de la superficie et la grandeur de l'évolution sont décrits ci-après.

- **Forêts (-20,4%)**

La déforestation de 1 566,7 km<sup>2</sup> est due essentiellement à un déboisement de 975,1 km<sup>2</sup> de la forêt au profit des cultures pluviales, soit 13,0% de sa superficie en 2010. En plus, les forêts ont subi une régression de 584,9 km<sup>2</sup> au profit de la savane, ce qui représente 7,8% de la surface forestière en 2010.

Une légère expansion à hauteur de 34,2 km<sup>2</sup> est également notée. Elle est principalement la conséquence d'une afforestation de 20,5 km<sup>2</sup> des zones de culture pluviale.

- **Mare (-19,6%)**

Les mares, malgré leur faible superficie (0,3% de la superficie totale), ont enregistré une diminution de 155,4 km<sup>2</sup> entre 2010 et 2015. La plus grande superficie des mares perdues, soit 112,3 km<sup>2</sup>, est devenue des plaines inondables, 20,8 km<sup>2</sup> ont évolué en savane et 12,1 km<sup>2</sup> sont destinées à la pratique de cultures irriguées.

Parallèlement, les mares ont enregistré une expansion de 32,0 km<sup>2</sup> résultant principalement de la transformation de 8,1 km<sup>2</sup> de plaines inondables, 8,0 km<sup>2</sup> de prairies aquatiques et 5,3 km<sup>2</sup> de sols nus.

- **Prairie aquatique (-14,2%)**

Tout comme les mares, les prairies aquatiques occupent faiblement le pays (0,2% en moyenne). La régression de 122,7 km<sup>2</sup> est plus justifiée par la mutation de 58,7 km<sup>2</sup> et de 39,6 km<sup>2</sup> de prairie aquatique en plaine inondable et culture irriguée, respectivement.

En revanche, 18,5 km<sup>2</sup> des sols nus, 9,1 km<sup>2</sup> de la steppe et 8,2 km<sup>2</sup> des cultures irriguées se sont transformées en prairie aquatique ; d'où une expansion de 48,9 km<sup>2</sup> de la classe.

- **Steppe (-9,0%)**

Constituant approximativement le 7<sup>ième</sup> du pays, la steppe a connu une forte réduction de sa superficie, soit 3 522,2 km<sup>2</sup>. Cette baisse s'explique plus par la transformation de 1 736,3 km<sup>2</sup> et 473,4 km<sup>2</sup> en zones de cultures pluviale et irriguée respectivement, et sa dégradation en sols nus de 580,7 km<sup>2</sup>.

Cette forte diminution est légèrement atténuée par l'augmentation de 797,1 km<sup>2</sup> de sa superficie, résultant majoritairement de la conversion de 516,2 km<sup>2</sup> de zones de cultures pluviales et de 204,2 km<sup>2</sup> de la savane arbustive.

- **Savane arbustive (-6,6%)**

La savane arbustive a connu un déboisement de 2 070,5 km<sup>2</sup> résultant d'une réduction de 2 279,7 km<sup>2</sup>. Cette baisse s'explique essentiellement par la régression de 1 013,7 km<sup>2</sup> de savane arbustive en savane et sa transformation en zone de culture pluviale (1 009,9 km<sup>2</sup>).

Toutefois, 145,6 km<sup>2</sup> de zones de culture pluviale ont évolué en savane arbustive de même que 30,1 km<sup>2</sup> de savane et 32,31 km<sup>2</sup> de sol nu. Au total, les augmentations de la savane arbustive au détriment des autres formes d'occupation des sols s'établissent à 209,3 km<sup>2</sup>.

- **Savane (-2,2%)**

La dégradation de la savane entre 2010 et 2015 s'explique par une perte de 4 783,6 km<sup>2</sup> malgré une expansion de 3 338,4 km<sup>2</sup>. Cette expansion est principalement due à une transformation de 1 704,8 km<sup>2</sup> de zones de culture pluviale et de 1 013,7 km<sup>2</sup> de savane arbustive.

Même si les gains découlent majoritairement des zones de culture pluviale, ces dernières ont davantage bénéficié de la régression de la savane. En effet, 4 565,2 km<sup>2</sup> de savane sont perdues au profit des cultures pluviales.



- **Culture maraîchère (+145,6%)**

Les zones de culture maraîchère ont plus que doublé sur la période passant de 289,4 km<sup>2</sup> à 710,9 km<sup>2</sup>. Elles ont connu une très faible perte de 31,1 km<sup>2</sup> au profit essentiellement des steppes (10,3 km<sup>2</sup>), des cultures pluviales (8,6 km<sup>2</sup>) et des localités (3,3 km<sup>2</sup>).

Quant à la forte expansion de 452,5 km<sup>2</sup>, elle est principalement le résultat de la conversion de 185,7 km<sup>2</sup> de la steppe, de 140,2 km<sup>2</sup> des zones de culture pluviale et de 50,4 km<sup>2</sup> de celle irriguée.

- **Culture irriguée (+73, 3%)**

La hausse de 1 052,9 km<sup>2</sup> des zones de culture irriguée est portée spécialement par la conversion de 477,9 km<sup>2</sup> de steppes, 333,5 km<sup>2</sup> de sols nus et 128,5 km<sup>2</sup> de plaines inondables.

Elle est amoindrie par une baisse légère de 93,3 km<sup>2</sup> due notamment aux 50,4 km<sup>2</sup> de terres irriguées devenues des zones de cultures maraîchères.

- **Plaine inondable (+65,5%)**

La part des plaines inondables dans la superficie totale a évolué de 0,9% en 2010 à 1,5% en 2015. Cette évolution est la conséquence d'une expansion de 1 418,8 km<sup>2</sup> ralentie par une régression de 246, 1 km<sup>2</sup>. Précisément, 524,0 km<sup>2</sup> des sols nus, 447,9 km<sup>2</sup> des steppes, 198,0 km<sup>2</sup> des cultures pluviales et 112,3 km<sup>2</sup> des mares se sont transformés en plaine inondable.

A contrario, 128,5 km<sup>2</sup> sont maintenant destinés aux cultures irriguées et 65,0 km<sup>2</sup> ont régressé en sol nu.

- **Localité (+22,2%)**

Les localités représentent en moyenne 0,6% de la superficie totale. Elles ont augmenté de 230,4 km<sup>2</sup> contre une baisse de 4,6 km<sup>2</sup> entre les deux périodes. Ce gain est particulièrement la conséquence d'une mutation de 168,2 km<sup>2</sup> des cultures pluviales et de 36,7 km<sup>2</sup> des steppes en localité.

- **Tanne (+11,2%)**

L'augmentation de 319,9 km<sup>2</sup> de la superficie des tannes est due essentiellement à la transformation de 276,8 km<sup>2</sup> des zones de cultures pluviales, 15,5 km<sup>2</sup> de la savane, 11,1 km<sup>2</sup> de plaines inondables et 5,6 km<sup>2</sup> des cours d'eau. Cette expansion est contrebalancée par une baisse de 65,8 km<sup>2</sup>, résultant notamment de sa mutation en 37,6 km<sup>2</sup> de mangrove, en 14,4 km<sup>2</sup> de culture pluviale et en 6,5 km<sup>2</sup> de sol nu.

- **Culture pluviale (+11,0%)**

L'évolution positive des zones de culture pluviale découle principalement d'une régression de 4 565, 2 km<sup>2</sup> de la savane. Elles ont aussi tiré parti de la dégradation de 1 736, 3 km<sup>2</sup> de la steppe de 1 736,92 km<sup>2</sup>, de 1 009,9 km<sup>2</sup> de la savane arbustive et de 975,1 km<sup>2</sup> forêts de de 1 069,59 km<sup>2</sup>, expliquant son expansion de 8 345,8 km<sup>2</sup>.

Par ailleurs, une transformation des zones de culture pluviale en savane (1 704,8 km<sup>2</sup>), steppe (516,2 km<sup>2</sup>), tanne (276,8 km<sup>2</sup>), plaine inondable (198,0 km<sup>2</sup>) et localité (168,2km<sup>2</sup>) a participé à sa baisse de 3 232,0 km<sup>2</sup>.

### ***Analyse des transformations***

Sur l'ensemble du territoire, les classes de la thématique « Surface cultivée » ont connu un net rebond, à l'Est et au Sud, au détriment de la savane (Sénégal oriental), de la forêt et de la steppe. Depuis le début des années 2000, l'essor démographique et les politiques publiques visant à encourager les populations à s'adonner à l'agriculture, justifient cette transition. Toutefois, dans les zones à forte pluviométrie, les forêts et savanes converties en domaine agricole par les populations peuvent parfois se régénérer au bout de quelques années si l'exploitation s'arrête en cas d'exode ou d'insécurité, par exemple.

Dans les zones estuariennes, le phénomène de salinisation favorise l'étalement des tannes et des vasières sur les surfaces cultivées.

La transition d'une zone minière en culture maraîchère est notée essentiellement dans les anciens sites d'exploitation de phosphates dans la zone des Niayes.

## V. Analyse des indicateurs ODD dérivés des résultats

Le Sénégal, dans son ambition d'atteindre l'émergence à l'horizon 2035 et d'assurer un développement durable harmonieux, met en œuvre depuis 2014, le Plan Sénégal émergent (PSE) qui constitue le référentiel de la politique économique et sociale, articulé aux ODD.

La politique environnementale du Sénégal s'inscrit dans l'optique d'assurer une gestion rationnelle de l'environnement et des ressources naturelles dans une perspective de développement durable. Les orientations du Sénégal sont déclinées dans la Lettre de Politique du secteur de l'Environnement et du Développement durable (LPSEDD 2021-2025). Relativement à l'ODD 15, le Sénégal vise à réduire la dégradation de l'environnement et des ressources naturelles et lutter contre la déforestation.

Le compte d'occupation du sol permet de déterminer l'indicateur 15.1.1 et le sous indicateur 1 de l'indicateur 15.2.1.

### 1. Indicateurs de l'ODD 15



**Objectif 15. Préserver et restaurer les écosystèmes terrestres, en veillant à les exploiter de façon durable, gérer durablement les forêts, lutter contre la désertification, enrayer et inverser le processus de dégradation des terres et mettre fin à l'appauvrissement de la biodiversité**

Cet objectif vise à assurer la conservation, la restauration et l'utilisation durable des écosystèmes terrestres et à inverser la tendance à la dégradation des terres et la désertification. Il reconnaît l'apport économique et social de la biodiversité. L'indicateur **15.1.1 Surface des zones forestières, en pourcentage du total des terres émergées** peut être calculé avec les données du compte physique d'occupation du sol. Ce dernier permet aussi de mesurer le **sous indicateur 1 Taux de changement annuel de la superficie forestière** de l'indicateur 15.2.1 qui mesure les progrès enregistrés par les pays vers une gestion efficace des forêts d'un point de vue environnemental, social et économique.

## 2. Métadonnées

Le calcul de l'indicateur 15.1.1 est basé sur le document officiel des **métadonnées** adopté par la Commission statistique des Nations Unies. Il mesure le rapport (exprimé en pourcentage) entre la superficie couverte par l'ensemble des formations forestières appartenant à la catégorie « Forêt » et la superficie totale des terres émergées<sup>1</sup> au niveau national.

Ainsi, selon l'Organisation pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), organe responsable du renseignement de l'indicateur 15.1.1 :

- les forêts sont définies comme « les terres occupant une superficie de plus de 0,5 hectare avec des arbres atteignant une hauteur supérieure à 05 mètres et un couvert forestier de plus de 10%, ou avec des arbres capables d'atteindre ces seuils in situ. Sont exclues les terres à vocation agricole ou urbaine prédominante » ;
- les terres émergées sont « la superficie totale d'un pays, à l'exclusion des zones intérieures couvertes d'eau, telles que fleuves, lacs et barrages ».

Les terres émergées sont donc composées des forêts, des autres terres boisées et des autres terres (Annexe 4).

Au niveau national, la forêt comprend la forêt dense, la forêt claire, la forêt galerie, la savane boisée, la savane arborée, la mangrove et les plantations de *Casuarina equisetifolia*.

Dans le **rapport de l'évaluation des ressources forestières mondiales (FRA)** <sup>2</sup>, pour le Sénégal, les données utilisées pour la catégorie « forêt » sont issues de la cartographie d'occupation des sols réalisée en 2009 par la Direction des Eaux et Forêts, Chasses et de la Conservation des Sols (DEFCCS/PROGEDE 2). Elles ont été estimées à

---

<sup>1</sup> La superficie occupée par les eaux intérieures n'intervient pas dans le calcul de l'indicateur.

<sup>2</sup> Il s'agit d'une initiative de la FAO qui vise à évaluer les ressources forestières au niveau mondial sur la base des données fournies par les pays membres. Au Sénégal, la DEFCCS est le point focal pays et est donc chargé de la coordination au niveau national avec les acteurs concernés. Les évaluations et rapports nationaux sont à cet effet produits et soumis pour différents niveaux de validation (national, régional, international). La mise à jour des données FRA est effectuée chaque cinq ans.

**8 468 160 ha** en 2010 et **8 268 160 ha** en 2015. La superficie des terres émergées estimée par FAOSTAT en 2015 (**19 253 000 ha**) est utilisée comme référence pour toutes les années.

Avec la classification nationale harmonisée, la superficie totale des forêts telle que définie par la FAO est obtenue en agrégeant quatre classes d'occupation : forêt, mangrove, savane, plantation forestière. La savane arbustive n'est pas incluse dans le champ des forêts. Concernant les terres émergées, leur superficie est égale au total du pays sans les lacs, les mares et les cours d'eau.

Par conséquent, en 2015, la superficie forestière est estimée à **72 923 km<sup>2</sup>** contre **75 871 km<sup>2</sup>** en 2010. De même, le total des terres émergées s'est établi à **194 055 km<sup>2</sup>** en 2015 contre **193 921 km<sup>2</sup>** en 2010.

### 3. Comparaison et analyse des valeurs de l'indicateur

Selon les données du rapport FRA 2020, la superficie forestière en pourcentage du total des terres émergées du pays est passée de **44,0%** en 2010 à **42,9%** en 2015, soit une diminution de 1,1% sur la période. La valeur négative (-0,5%) du taux de changement annuel confirme une perte de forêt. Ainsi, il est observé une baisse de 2 000 km<sup>2</sup> sur la période, soit 400 km<sup>2</sup> par an, en moyenne.

Le calcul de l'indicateur en se basant sur les résultats du compte de l'occupation des sols donne une valeur de **39,1%** en 2010 et **37,6%** en 2015. Le taux de changement annuel est aussi négatif (-0,8%) traduisant aussi une dégradation de la forêt. La perte annuelle moyenne s'établit à 589,6 km<sup>2</sup> par an, soit 2 948 km<sup>2</sup> sur les 5 ans.

*Tableau 4: Indicateurs de l'ODD dérivés du compte de l'occupation des sols*

	FRA		OCSOL	
	2010	2015	2010	2015
<b>Surface des forêts (km<sup>2</sup>)</b>	84 682	82 682	75 871	72 923
<b>Superficie totale des terres émergées (km<sup>2</sup>)</b>	192 530	192 530	193 921	194 055
<b>Indicateur 15.1.1 (%)</b>	44,0	42,9	39,1	37,6
<b>Sous-indicateur 1 de l'indicateur 15.2.2 (%)</b>	-0,5		-0,8	

*Source : FRA 2010 et 2015, FAO/ Compte de l'occupation des sols du Sénégal 2010-2015*

### ***Comparaison des deux indicateurs***

Il est noté une différence entre les valeurs des indicateurs selon les deux méthodes. Comparée aux résultats du rapport FRA, la superficie des terres émergées calculée avec les résultats du compte de l'occupation du sol est supérieure tandis que la superficie forestière est inférieure. Ainsi, la part de la superficie forestière du FRA est supérieure à celle du compte de l'occupation du sol. Toutefois, la déforestation est plus prononcée avec les résultats du compte de l'occupation du sol.

Ces différences peuvent s'expliquer principalement par la différence dans les sources de données.

Les données utilisées pour estimer la superficie forestière dans le rapport FRA est issue de la carte de la DEFCSS qui date de 2009 or celles du compte OCSOL sont issues des cartes de l'ANAT et du CSE qui datent des 2010 et 2015. De plus, la superficie des terres émergées estimée dans le rapport FRA est restée constante sur la période contrairement à celle du compte OCSOL.

En définitive, il est important de noter que les données du FRA et les résultats de calcul de l'indicateur avec les résultats issus du compte OCSOL montrent une tendance baissière des superficies forestières du pays.

## CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Les comptes des terres décrivent la superficie des terres sur une période comptable selon l'utilisation ou l'occupation des terres. Ils montrent les diverses expansions et réductions de stocks de terres associées à l'activité humaine et aux processus naturels. Ils figurent parmi les nombreux types de comptes couverts par le Cadre central du SCEE, qui utilisent tous les mêmes concepts comptables. De plus, ils fournissent un point de départ important pour la compilation des comptes écosystémiques et aident à définir les zones spatiales pertinentes pour la comptabilité écosystémique.

Le processus d'élaboration du compte de l'occupation du sol s'est déroulé avec l'appui technique et financier de la Division de Statistique des Nations Unies (UNSD) et de Basque Centre for Climate Change (BC3).

La réalisation de ce compte est une étape très importante pour les autorités sénégalaises notamment celles chargées de la mise en œuvre des politiques environnementales et du renseignement des ODD. En effet, elle s'inscrit dans le cadre de la mise en œuvre du SCEE-CE et le calcul de l'indicateur ODD 15.1.1 et du sous-indicateur 1 de l'indicateur ODD 15.2.2.

Les résultats du compte ont permis de constater une nette augmentation des surfaces agricoles au détriment de la savane, de la forêt et de la steppe. De même, la compilation des indicateurs ODD a permis de confirmer le recul du couvert forestier déjà évalué par le rapport FRA.

L'un des principaux défis soulevés par le processus est la pérennisation de l'élaboration de ce compte pour un meilleur suivi de la couverture des terres et de l'occupation du sol au Sénégal. Cela passera par la mise à jour régulière de la carte d'occupation du sol par l'ANAT.

En perspectives, il est prévu la réalisation des comptes écosystémiques afin de disposer d'une meilleure évaluation de l'apport des services environnementaux à l'économie.

Au terme de cette étude, les principales recommandations sont les suivantes :

- arrêter sur une classification nationale consensuelle de la carte d'occupation du sol ;
- renforcer l'ANAT en moyens humains et matériels pour la mise à jour régulière de la carte d'occupation du sol ;
- renforcer la Division de la Comptabilité nationale (DCN) de l'ANSD, en moyens humains et matériels, en vue d'une production régulière des comptes économiques et environnementaux ;
- pérenniser et renforcer le comité technique en le dotant de moyens nécessaires à son fonctionnement.



## BIBLIOGRAPHIE

**ANSD. 2022.** *Projections démographiques 2022.* 2022.

**Centre technique forestier tropical, [éd.]. 1978.** *Memento du Forestier 1978.* 1978.

**Chatelain, C. 1996.** *Possibilités d'application de l'imagerie à haute résolution pour l'étude de la transformation de la végétation en Côte d'Ivoire.* 1996. Thèse de doctorat.

**CSE. 2010.** *Rapport sur l'état de l'environnement.* 2010.

**FAO. 2015.** *Evaluation des ressources forestières mondiales (FRA).* 2015.

**GAC, J.Y., KANE, A. et MONTEILLET, J. 1950.** *Migrations de l'embouchure du fleuve Sénégal depuis 1950.* s.l. : Cahier ORSTOM, Série. Géol., XII, 1,, 1950. pp. 61-64.

**Girard, Michel-Claude et Girard, Colette-Marie. 2010.** *Traitement des données de télédétection - 2e éd. - Environnement et ressources naturelles.* s.l. : Dunod, 2010.

**Gouvernement du Sénégal . 2014.** *Plan Sénégal Emergent.* 2014.

**KANE , A. 1997.** *L'après barrage dans la vallée du fleuve Sénégal : Modifications hydrologiques, géochimiques et sédimentologiques. Conséquences sur le milieu naturel et les aménagements hydro-agricoles.* s.l. : hèses de doctorat d'Etat, Univ. Dakar., 1997. p. 55.

**KANE, A. 1985.** *Le bassin du Sénégal à l'embouchure flux continentaux dissous et particuliers, invasion marine dans la basse vallée du fleuve : Contribution à l'hydrologie fluviale en milieu tropical humide et à la dynamique estuarienne en domaine sahélien.* s.l. : Th. 3<sup>o</sup> cycle Géogr. Physique - Univers. Nancy II / ORSTOM / NANC.I.E. - NANCY., 1985. p. 196.

**LAMAGAT, J.P. 2000.** *Inondation de la ville de Saint-Louis.* s.l. : Diagnostic.Orstom.12p.  
MAR (A.L.), 2004 -- Cours d'Hydraulique en Surface Libre. EIER/ Ougadougou, 2000.

**MEDDTE. 2023.** *Lettre de Politique du secteur de l'Environnement et du Développement durable 2020-2025.* s.l. : Ministère de l'Environnement, du Développement durable et de la Transition écologique, 2023.

**Nations Unies . 2022.** *SDG 15-01-01 Metadata.* 2022.

**Nations unies. 2012.** *Cadre central du Système de comptabilité économique et environnementale.* 2012.

**Nations Unies. 2022.** *SDG 15-02-01 Metadata.* 2022.

**Nations unies. 2016.** *SEEA Technical Note: Land Accounting.* 2016.

**Oszwald, Johan. 2005.** *Dynamique des formations agroforestières en Côte d'Ivoire (depuis les années 1980 aux années 2000) : suivi par télédétection et développement d'une approche cartographique.* 2005. Thèse de doctorat.

**SECK, Mouhamat. 2004.** *Inondation à l'embouchure du fleuve Sénégal: hydraulique fluviale et aménagements.* 2004.

# ANNEXES

## Annexe 1 Méthodologie CSE

*Annexe-Figure 1: Combinaison en couleur naturelle de Landsat 8*



*Source : ANAT*

*Annexe-Figure 2: Combinaison en fausse couleur de Landsat 8*



*Source : ANAT*

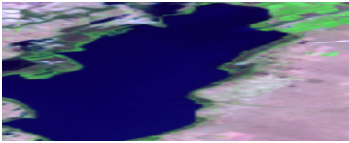



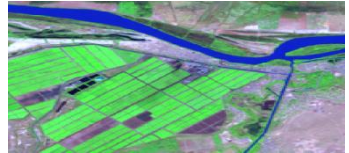







*Annexe-Tableau 1: Classes thématiques de l'occupation des sols*



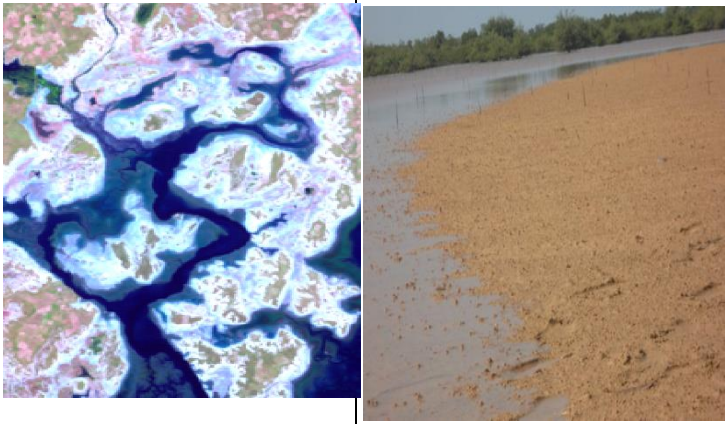
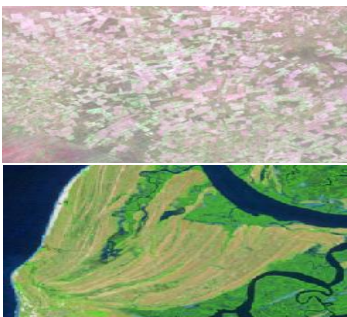

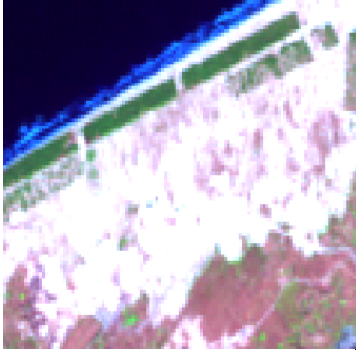

<b>CLASSE</b>	<b>DESCRIPTIF</b>
<b>FORÊT CLAIRE</b>	Végétation ligneuse de stature moyenne, à couvert ouvert et clair, et laissant largement filtrer la lumière. La plupart des espèces ont le feuillage caduc. La strate graminée est en général peu dense ou en mélange avec une autre végétation herbacée. Le sous-bois est ordinairement discontinu et très largement ouvert ou nul.
<b>FORÊT DENSE</b>	Ce type de forêt aurait les mêmes caractéristiques que les forêts galeries mais éloignées du réseau hydrographique.
<b>FORÊT GALERIE</b>	Végétation à couvert fermé, de stature moyenne, constituée de plusieurs strates qui forment un couloir de verdure accompagnant les cours d'eau permanents et temporaires ou les dépressions de terrain en zone de savane.
<b>SAVANE ARBORÉE</b>	Les arbres et arbustes sont disséminés parmi le tapis graminéen, ils sont moyennement nombreux et atteignent 6 à 8 m de haut, exceptionnellement plus. La formation se présente sous l'aspect d'un peuplement modérément dense, parsemé d'arbres de taille moyenne (quelque fois très gros) appartenant aux espèces citées plus haut dans leur grande majorité.
<b>SAVANE BOISÉE</b>	Arbre et arbuste y forment un couvert généralement clair qui laisse largement pénétrer la lumière. La hauteur de la strate arborescente est de 8 à 13m, exceptionnellement plus. Les arbres y sont plus nombreux qu'en savane arborée.
<b>SAVANE ARBUSTIVE</b>	Les végétaux ligneux sont représentés presque uniquement par les arbustes et arbrisseaux, disséminés dans le tapis graminéen continu.
<b>STEPPE ARBORÉE</b>	(ou arbustive): Formation herbeuse, à couvert très irrégulier, où les petits arbres, arbustes et arbrisseaux sont présents.
<b>MANGROVE</b>	Végétation des deltas composée de palétuvier
<b>ETENDUE DUNAIRE</b>	Concernent les formations dunaires présentes dans la zone désertique
<b>CULTURE SOUS PLUIE</b>	Ensemble des cultures de céréales, d'arachide et autres non irriguées
<b>CULTURE MARAÎCHÈRE</b>	Culture de légumes mélangée à quelques arbres
<b>COUR D'EAU</b>	Fleuve, rivière, ruisseau...
<b>LOCALITÉ</b>	Zone habitée constituée de ville ou village.



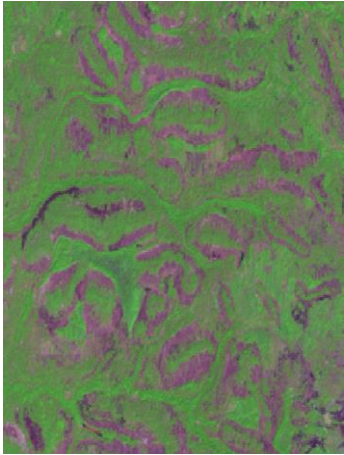

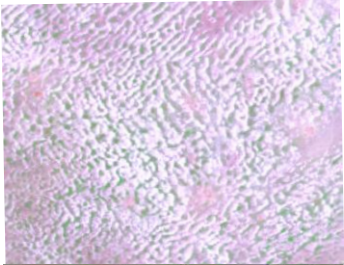

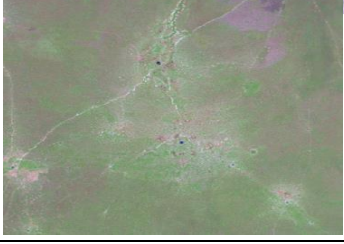

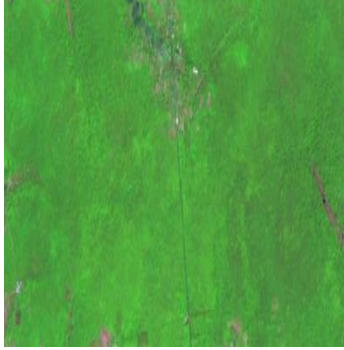

## Annexe 2 Méthodologie ANAT



Annexe-Tableau 2: Classe d'occupation ANAT

THEME	CLE D'INTERPRETATION	Nature sur image en composition (5-4-3)	Nature sur Photo
Plans d'eau	Plan d'eau douce et salée, lac, rivière, fleuve et affluents.	 	 
Culture irriguée- périmètres maraîchers	Espaces à forme géométrique plus ou moins bien ordonnée souvent voués qu'à la culture de légumes, et de graminées.	 	 
Prairie marécageuse	Milieu composé de plantes aquatiques flottant dans de l'eau douce (zone de Typha et autres espèces d'eau douce).		
Mangrove	Groupement de végétaux spécifiques principalement ligneux, communément appelés palétuviers qui poussent dans la vase et que l'on retrouve dans les zone de marais maritime.		

THEME	CLE D'INTERPRETATION	Nature sur image en composition (5-4-3)	Nature sur Photo
Zone bâtie	Espaces artificiels façonnés par l'homme ; ensemble de l'habitat humain (maison, routes...)		
Tannes	Espace vide claire sur l'image, à sol souvent salé des zones de marais maritime. Interface entre le continent et le milieu de mangrove. Il peut se présenter sous plus plusieurs formes : Tanne vif, vaseux, ou humide ; ou espace vide des zones d'eau asséchées.		
Culture sous pluie	Zone de culture de plateau et de bas fond. Espace où la culture se pratique que pendant la saison des pluies. (mil, arachide, maïs, riz, etc...)		
Sol nu	Plages, dune et bande de sable, zone d'affleurement de roches et/ou à sol dur où rien ne pousse, mines et carrières		



THEME	CLE D'INTERPRETATION	Nature sur image en composition (5-4-3)	Nature sur Photo
Bowé	Larges dalles de cuirasses ferrugineuses dénudées (Monique Marshall, 1983) en saison sèche et couvertes d'herbacées en saison des pluies où on note une présence de petites buttes de termites ou termitières. Au Sénégal ils sont présents à Kédougou et au Sud-Est de Tambacounda.		
Steppe	Formation herbeuse et arbustive. L'herbe est en touffes très espacées laissant le sol à nu entre elles.		
Savane boisée et savane arborée, savane arbustive	Formation végétale caractérisée par la présence d'une strate herbacée continue, constituées d'arbres et d'arbustes		
Forêt	Ensemble de végétation à couvert fermé, et à couvert ouvert et clair, de stature moyenne. La plupart des espèces a le feuillage caduc. La strate graminée est en général peu dense ou en mélange avec une autre végétation herbacée.		

THEME	CLE D'INTERPRETATION	Nature sur image en composition (5-4-3)	Nature sur Photo
Vasières	Une vasière est un habitat littoral, estuarien constituée de matériaux fins non sableux qui est la vase. Milieu propice pour une régénération de la mangrove.		

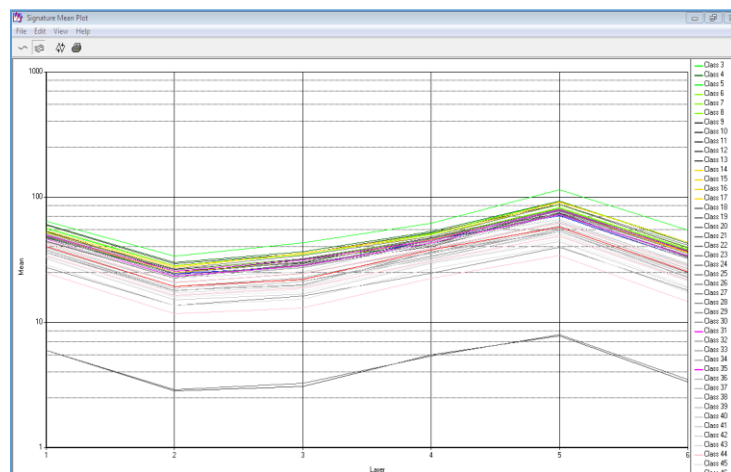
Source : ANAT

## PRINCIPALES ETAPES DU TRAVAIL

- La classification

Initialement, il s'agit d'une classification d'au moins 2n classes. Un fichier comportant les signatures spectrales de ces classes a été généré en même temps. Il y est fait recours, si nécessaire, pour interpréter la réponse spectrale d'un élément dont la nature peut être difficile à définir.

Annexe-Figure 3: Annexe-Figure 3: Signature spectrale des classes d'occupation du sol



Source : ANAT

Le résultat de la classification fournit à la fois des classes bien attribuées et correspondant à la nature réelle de l'élément sur l'image et des classes dont une partie des pixels reste très disséminée dans le reste de l'image. Un des points forts dans cette procédure de classification est le recours à la technique dite de recodage (**Recording pixel value**) qui offre la possibilité de réaffecter les pixels mal attribués. Sur *ERDAS Imagine*, on réaffecte



les pixels mal classifiés sont réaffectés à leurs classes d'appartenance réelle. Il faut à cet effet bien identifier ces pixels mal classifiés dans l'image afin de bien savoir à quelle classe ils devaient être affectés. Le principe de cet outil consiste à définir une zone d'intérêt (**AOI**) autour du pixel identifié comme mal classifié, et remplacer son ancien « code classe » par celui de sa nouvelle classe d'affectation. Après le recodage, on fait une reclassification de l'image via l'outil ***Spatial Analyst Tools\_Reclass\_Reclassify (ArcGis.X)*** afin de réduire les cinquante (50) classes initialement générées en treize (13) classes ou thèmes retenues après l'interprétation de l'image.

Pour des raisons d'aide à une meilleure prise de décision dans l'aménagement du territoire certaines classes, après vectorisation, ont été désagrégées en 22 classes. A titre illustratif, la **classe eau et zones inondables a été désagrégée** pour séparer les **eaux douces** des **eaux salées et des zones inondables**, de même la classe **zone maraîchère** a été séparée de la classe **zone de culture irriguée**, les **mines et carrières** ont été extraites des **sols nus**, les **vallées fossiles** ont été extraites de la **classe savane**, les **tannes secs sont séparés des tannes humides**, **d'autres classes comme les vergers et les espaces aéroportuaires ont été créés**. Ainsi un nombre de 22 classes a été finalement extrait du résultat de classification de l'image Landsat 2010.

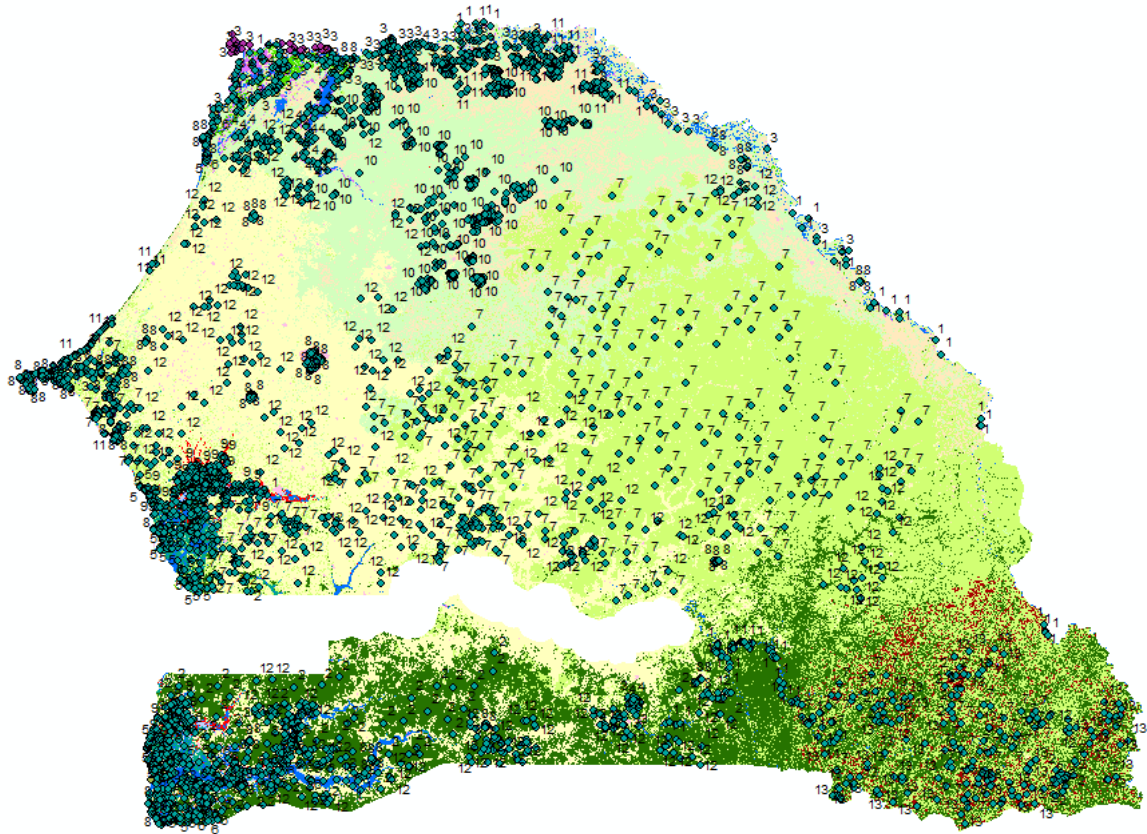
- L'évaluation de la classification

### ***Accuracy Assessment***

La méthode d'évaluation repose sur l'***Accuracy Assessment***. Elle permet de juger sur la qualité de la classification. Elle consiste à faire une comparaison à l'aide d'une matrice dite de confusion si, après classification, des points relevés sur l'ensemble de chaque classe initialement définie dans un site de vérité terrain (***Google Earth***, image haute résolution, terrain proprement dit) seront toujours dans cette classe après classification. Le principe consiste donc à collecter un semis de points sur toute l'image de vérité terrain et pour chaque classe en attribuant à chaque semis de points le même code que celui de la classe issue du résultat de la reclassification. Autrement dit, il sera obtenu beaucoup de semis de points groupés en treize (13) codes. Une fois que ce travail fait, la méthode croise ces informations au résultat de la classification et sort des statistiques sur la réussite

de chaque thème classifié. Sur ArcGis il suffit d'aller à ***Spatial Analyst Tool\_Extraction\_Extract value to Points*** (pour croiser les données). Pour le calcul des statistiques c'est dans ***Analysis Tools\_Statistics\_frequency*** et pour sortir la matrice de confusion, aller dans ***Data management Tools\_Table\_Pivot Table***.

*Annexe-Figure 4 : Points de contrôle collectés pour l'évaluation de la classification*

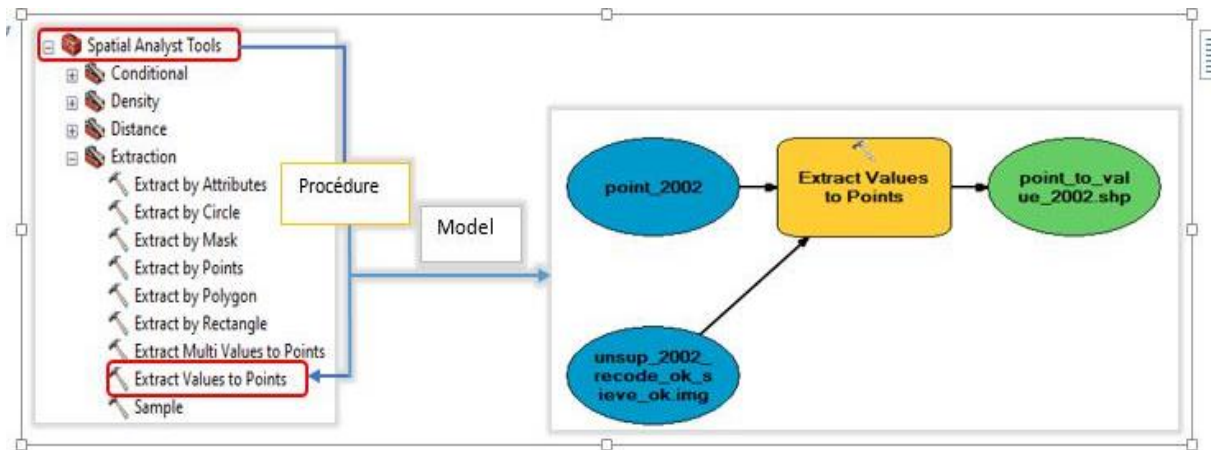


Source : ANAT

### ***Procédure d'évaluation du résultat***

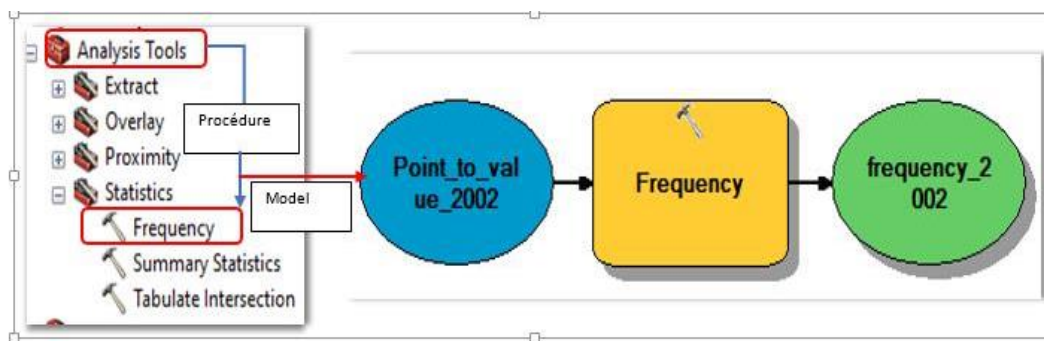
Comme expliqué plus haut, pour évaluer le résultat final de la classification, il faut des points de vérité terrain. Pour avoir ces points, l'imagerie Google Earth très haute résolution a été utilisée. Un semi de points portant le même code qui est celui de la classe lui correspondant dans le résultat de l'image classifiée, est collecté sur Google Earth ou sur l'image ayant servi à la classification, et pour chaque classe identifiée lors de l'interprétation. Ce semis est croisé avec le résultat de l'image classifiée pour extraire la matrice de confusion en trois phases comme présenté ci-dessous sous ***ArcGis***.

Annexe-Figure 5: Procédure de croisement des points collectés et le résultat de classification



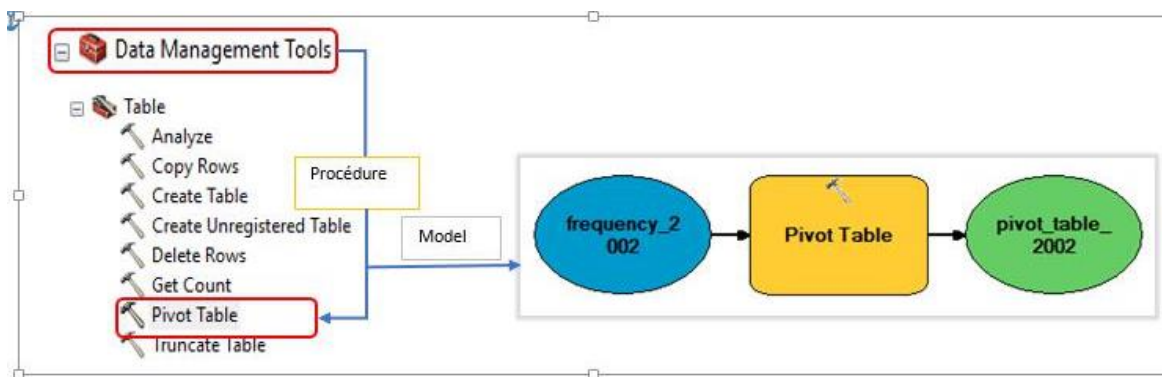
Source : ANAT

Annexe-Figure 6: Procédure de calcul de la fréquence



Source : ANAT

Annexe-Figure 7: Procédure de calcul de la matrice



Source : ANAT

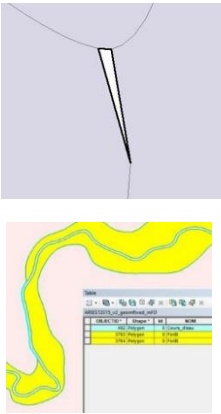
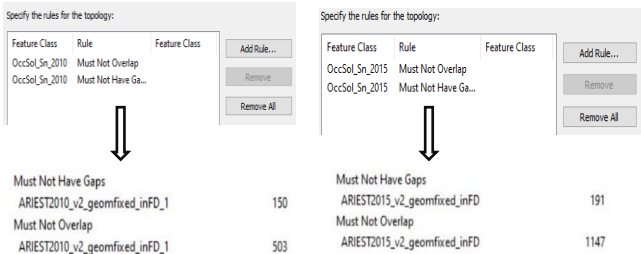
Annexe-Tableau 3: Matrice de contingence

	Eau et zones inondables	Forêts	Cultures irriguées	Prairies marécageuses	Mangroves	Vasières	Savanes	Zones bâties	Tannes	Steppes	Sols nus	Cultures sous pluie	Bowes	TOTAL COLONNES
Eau et zones inondables	219	0	0	1	1	19	0	0	0	3	0	0	0	<b>243</b>
Forêts	0	113	0	1	26	0	23	0	0	2	0	5	3	<b>173</b>
Cultures irriguées	0	0	153	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	<b>160</b>
Prairies marécageuses	0	0	1	51	9	2	0	0	0	0	0	0	0	<b>63</b>
Mangroves	0	0	0	0	336	3	0	0	0	0	0	1	0	<b>340</b>
Vasières	0	0	0	0	1	222	0	0	0	0	0	0	0	<b>223</b>
Savanes	0	0	1	0	0	0	329	2	0	68	0	23	20	<b>443</b>
Zones bâties	0	0	0	0	0	0	0	553	0	0	1	2	0	<b>556</b>
Tannes	0	0	0	0	0	14	0	0	176	0	0	0	0	<b>190</b>
Steppes	0	0	33	1	0	2	8	1	0	537	3	28	1	<b>614</b>
Sols nus	0	0	1	0	0	0	0	0	9	7	247	6	0	<b>270</b>
Cultures sous pluie	0	0	0	0	0	0	18	4	0	1	1	598	0	<b>622</b>
Bowes	0	0	0	0	0	0	27	2	18	0	8	4	75	<b>134</b>
<b>TOTAL LIGNES</b>	<b>219</b>	<b>113</b>	<b>189</b>	<b>54</b>	<b>373</b>	<b>262</b>	<b>405</b>	<b>562</b>	<b>203</b>	<b>625</b>	<b>260</b>	<b>667</b>	<b>99</b>	<b>4031</b>

**KAPPA= 0.88**

Source : ANAT

Annexe-Figure 8: Corrections logiciel

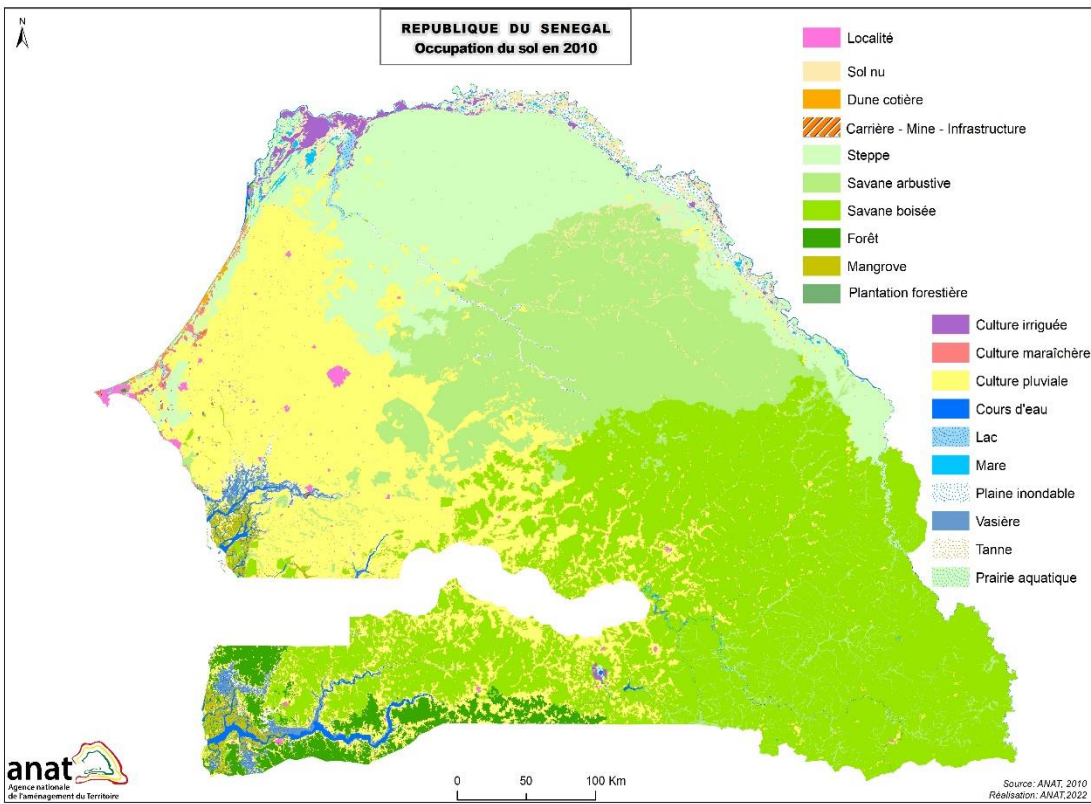


Source : ANAT

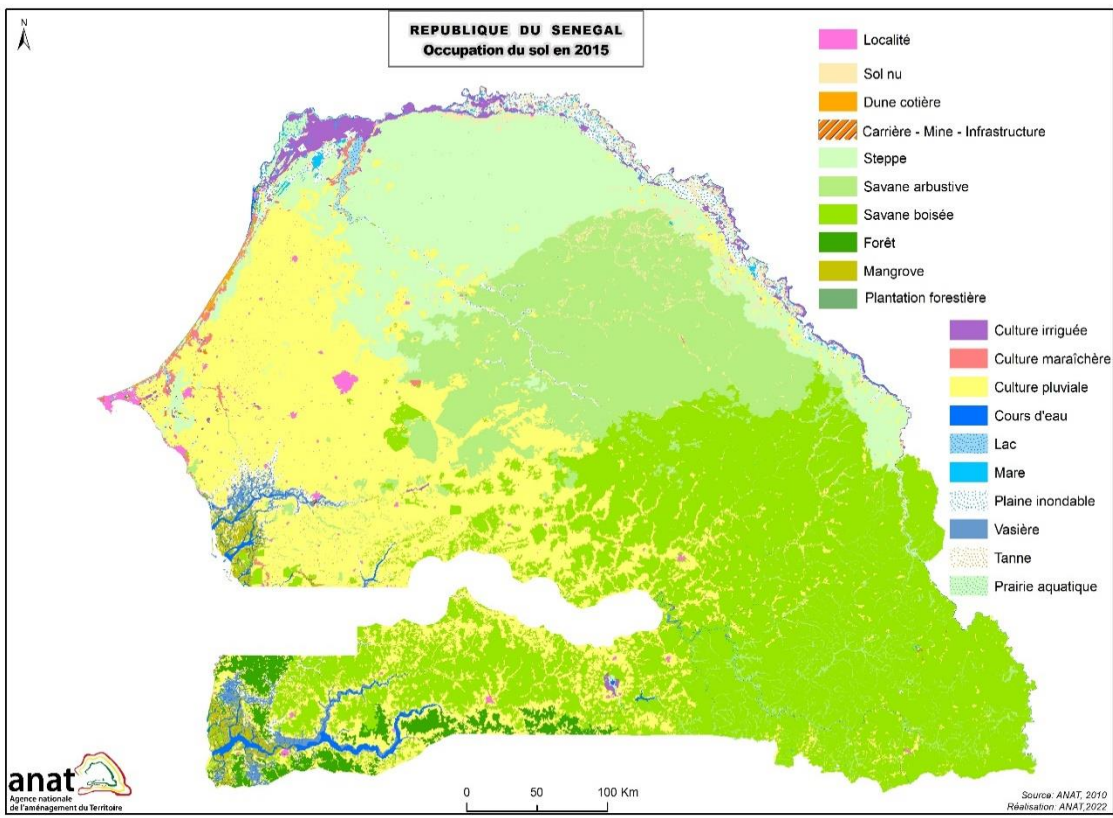


Annexe 3 Compte physique de l’occupation du sol

Annexe-Figure 9: Carte d'occupation du sol du Sénégal en 2010



Annexe-Figure 10: Carte d'occupation du sol du Sénégal en 2015



Source : Compte de l'occupation des sols du Sénégal 2010-2015

Annexe-Tableau 4 : Superficies en km<sup>2</sup> des cinq classes en 2010 et 2015

Classes	Superficie 2010	Superficie 2015	Part 2010	Part 2015	Evolution 2010-2015
<b>SURFACE BOISEE</b>	137 313	129 569	69,8%	65,8%	-5,6%
<b>SURFACE CULTIVEE</b>	48 022	54 518	24,4%	27,7%	13,5%
<b>REGION HYDRIQUE</b>	7 424	8 643	3,8%	4,4%	16,4%
<b>ZONE DENUDEE</b>	2 890	2 680	1,5%	1,4%	-7,2%
<b>SURFACE ARTIFICIALISEE</b>	1 087	1 325	0,6%	0,7%	21,9%
<b>Erreur statistique</b>	32	32	0,0%	0,0%	0,0%
<b>Total</b>	<b>196 767,5</b>	<b>196 767,5</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	

Source : Compte de l'occupation des sols du Sénégal 2010-2015

Annexe-Tableau 5: Compte physique de l'occupation du sol 2010-2015, résolution 50mt (km<sup>2</sup>)

	Sol nu	Dune côtière	Savane	Carrière <sup>1</sup>	Plaine inondable	Tanne/ Vasière	Culture maraîchère	Mangrove	Culture pluviale	Forêt	Savane arbustive	Plantation forestière	Culture irriguée	Mare	Steppe	Lac	Localité	Prairie aquatique	Cours d'eau	Total
<b>Superficie 2010</b>	<b>2 786,7</b>	<b>102,9</b>	<b>66 769,3</b>	<b>71,7</b>	<b>1 790,2</b>	<b>2 268,4</b>	<b>289,4</b>	<b>1 543,7</b>	<b>46 421,6</b>	<b>7 507,8</b>	<b>31 160,8</b>	<b>50,4</b>	<b>1 311,0</b>	<b>628,8</b>	<b>30 280,6</b>	<b>276,8</b>	<b>1 015,0</b>	<b>519,2</b>	<b>1 940,9</b>	<b>196 767,5</b>
<b>Expansions</b>	734,1	27,2	3 338,4	27,0	1 418,8	319,9	452,6	38,1	8 345,8	34,2	209,3	0,1	1 052,9	32,0	797,2	8,4	230,4	48,9	2,9	20 219,32
<b>Régressions</b>	962,3	8,3	4 783,7	14,8	246,2	65,8	31,1	2,9	3 232,0	1 566,7	2 279,7	5,5	92,4	155,4	3 522,2	12,5	4,6	122,7	9,5	20 219,32
<b>Changement net</b>	<b>-228,2</b>	<b>18,9</b>	<b>-1 445,3</b>	<b>12,3</b>	<b>1 172,6</b>	<b>254,1</b>	<b>421,5</b>	<b>35,2</b>	<b>5 113,9</b>	<b>-1 532,5</b>	<b>-2 070,5</b>	<b>-5,3</b>	<b>960,5</b>	<b>-123,4</b>	<b>-2 725,1</b>	<b>-4,1</b>	<b>225,8</b>	<b>-73,8</b>	<b>-6,6</b>	<b>0</b>
<b>Superficie 2015</b>	<b>2 558,5</b>	<b>121,8</b>	<b>6 5324,0</b>	<b>84,0</b>	<b>2 962,9</b>	<b>2 522,5</b>	<b>710,9</b>	<b>1 578,9</b>	<b>51 535,5</b>	<b>5975,3</b>	<b>29 090,4</b>	<b>45,1</b>	<b>2 271,5</b>	<b>505,4</b>	<b>27 555,6</b>	<b>272,7</b>	<b>1 240,8</b>	<b>445,4</b>	<b>1 934,3</b>	<b>196 767,5</b>

Source : Compte de l'occupation des sols du Sénégal 2010-2015

<sup>1</sup> Carrière, Infrastructure, Mine

Annexe-Tableau 6: Matrice de changements 2010-2015 (en km²)

	Sol nu	Dune côtière	Savane	Carrière¹	Plaine inondable	Tanne /Vasière	Culture maraîchère	Mangrove	Culture pluviale	Forêt	Savane arbustive	Plantation forestière	Culture irriguée	Mare	Steppe	Lac	Localité	Prairie aquatique	Cours d'eau	Erreur statistique	Total 2010
<b>Sol nu</b>	<b>1 824,38</b>	-	6,42	-	523,98	1,24	6,05	-	20,34	1,18	32,31	0,04	333,55	5,29	10,11	0,09	3,24	18,47	-	-	<b>2 786,69</b>
<b>Dune cotière</b>	0,49	<b>94,62</b>	-	0,67	0,03	-	5,90	-	0,03	-	-	-	-	-	0,37	-	0,82	-	-	-	<b>102,93</b>
<b>Savane</b>	42,54	-	<b>61 985,62</b>	8,46	43,33	15,52	10,65	0,32	4 565,24	9,63	30,15	-	14,32	1,81	32,46	-	7,49	1,73	-	-	<b>66 769,27</b>
<b>Carrière</b>	-	-	0,09	<b>56,94</b>	0,91	-	10,57	-	0,48	-	-	-	-	0,06	1,34	-	1,30	-	-	-	<b>71,69</b>
<b>Plaine inondable</b>	64,99	-	2,46	-	<b>1 544,06</b>	11,12	8,33	-	3,88	-	0,04	-	128,51	8,12	13,16	3,39	0,42	1,01	0,72	-	<b>1 790,21</b>
<b>Tanne/Vasière</b>	6,51	-	0,17	0,11	1,01	<b>2 202,60</b>	0,09	37,58	14,39	0,07	0,51	-	0,26	0,60	0,01	2,27	1,12	0,36	0,75	-	<b>2 268,41</b>
<b>Culture maraîchère</b>	0,42	0,91	0,35	1,06	4,16	-	<b>258,30</b>	-	8,58	-	-	0,08	1,78	0,06	10,34	0,03	3,30	-	-	-	<b>289,37</b>
<b>Mangrove</b>	0,14	-	0,19	-	0,58	1,14	-	<b>1 540,86</b>	0,02	-	-	-	0,01	-	-	-	-	0,58	0,20	-	<b>1 543,72</b>
<b>Culture pluviale</b>	6,18	0,09	1 704,82	6,22	197,97	276,82	140,20	0,02	<b>43 189,63</b>	20,49	145,61	0,01	43,63	2,98	516,21	0,13	168,20	1,92	0,46	-	<b>46 421,59</b>
<b>Forêt</b>	0,35	-	584,91	-	-	0,68	1,55	0,08	975,07	<b>5 941,05</b>	0,01	-	-	0,05	0,05	-	3,98	-	0,01	-	<b>7 507,79</b>
<b>Savane arbustive</b>	17,86	-	1 013,73	0,14	6,24	3,85	21,73	-	1 009,89	-	<b>28 881,09</b>	-	0,94	0,32	204,17	-	0,85	-	-	-	<b>31 160,81</b>
<b>Plantation forestière</b>	2,51	0,10	-	-	0,21	-	1,99	-	-	-	-	<b>44,94</b>	-	-	0,63	-	0,02	0,01	-	-	<b>50,41</b>
<b>Culture irriguée</b>	5,58	-	2,40	-	14,29	-	50,39	-	5,44	-	-	-	<b>1 218,63</b>	0,46	5,05	-	0,52	8,22	-	-	<b>1 310,98</b>
<b>Mare</b>	4,52	-	20,76	-	112,33	0,07	0,20	-	0,37	-	0,06	-	12,06	<b>473,38</b>	1,26	2,27	0,01	1,45	-	-	<b>628,74</b>
<b>Steppe</b>	580,72	26,10	0,18	10,37	447,86	3,51	185,66	-	1 736,30	2,30	0,57	-	477,92	4,09	<b>26 758,41</b>	0,15	36,74	9,09	0,64	-	<b>30 280,61</b>
<b>Lac</b>	0,03	-	-	-	5,96	-	0,28	-	0,03	-	-	-	-	0,14	-	<b>264,32</b>	0,11	5,90	-	-	<b>276,77</b>
<b>Localité</b>	0,35	-	0,16	-	0,06	0,10	0,06	-	1,85	-	-	-	0,23	0,01	1,66	-	<b>1 010,39</b>	0,05	-	-	<b>1 014,92</b>
<b>Prairie aquatique</b>	0,60	-	0,48	-	58,69	0,20	8,89	0,04	3,57	-	-	-	39,61	8,00	0,27	0,01	2,24	<b>396,49</b>	0,07	-	<b>519,16</b>
<b>Cours d'eau</b>	0,31	-	1,23	-	1,19	5,65	-	0,01	0,32	0,53	-	-	0,05	-	0,05	-	-	0,09	<b>1 931,45</b>	-	<b>1 940,88</b>
<b>Erreur statistique</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>32,35</b>	<b>32,35</b>
<b>Total 2015</b>	<b>2 558,48</b>	<b>121,82</b>	<b>65 323,97</b>	<b>83,97</b>	<b>2 962,86</b>	<b>2 522,50</b>	<b>710,84</b>	<b>1 578,91</b>	<b>51 535,43</b>	<b>5 975,25</b>	<b>29 090,35</b>	<b>45,07</b>	<b>2 271,50</b>	<b>505,37</b>	<b>27 555,55</b>	<b>272,66</b>	<b>1 240,75</b>	<b>445,37</b>	<b>1 934,30</b>	<b>32,35</b>	<b>196 767,30</b>
<b>Changement net (2015/2010)</b>	-8,2%	18,4%	-2,2%	17,2%	65,5%	11,2%	145,6%	2,3%	11,0%	-20,4%	-6,6%	-10,5%	73,3%	-19,6%	-9,0%	-1,5%	22,2%	-14,2%	-0,3%		

Source : Compte de l'occupation des sols du Sénégal 2010-2015

¹ Carrière, Infrastructure, Mine



#### **Annexe 4 Définitions selon le FRA**

- **Autres terres boisées (ATB)** : terres non définies comme « forêts », couvrant une superficie de plus de 0,5 hectares avec des arbres atteignant une hauteur supérieure à cinq mètres et un couvert arboré de cinq à dix pour cent, ou des arbres capables d'atteindre ces seuils, ou un couvert mixte d'arbustes, arbrisseaux et d'arbres supérieur à dix pour cent. Sont exclues les terres à vocation agricole ou urbaine prédominante. Au niveau national, cette catégorie couvre les savanes arbustives, les prairies et les steppes.
- **Autres terres** : toute terre n'entrant pas dans la catégorie « forêt » ou « autres terres boisées ». Cette catégorie renferme la catégorie des terres à vocation agricole ou urbaine prédominante ayant des îlots de végétation arborée couvrant une superficie supérieure à 0,5 hectares avec un couvert arboré de plus de dix pour cent d'arbres pouvant atteindre une hauteur de cinq mètres à maturité. Elles renferment des espèces forestières et non forestières.
- **Eaux intérieures** : Les eaux intérieures comprennent généralement les grands fleuves, lacs et réservoirs.