

## **Écologisation des déserts de Djibouti – Mise en application du système agropastoral durable à travers le Projet SATREPS**

**Aperçu** : Après 25 ans de recherche conjointe entre l'Université d'Agriculture de Tokyo et l'Université de Djibouti, le « Projet de Méthodes Innovantes et Durables d'Utilisation de l'Eau pour l'Évaluation du Potentiel d'Écologisation en République de Djibouti » a été retenu comme programme de recherche scientifique et technologique pour le développement durable (SATREPS), soutenu par l'Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA), de concert avec l'Agence Japonaise pour les Sciences et la Technologie (JST). Ce programme vise à mettre au point et à appliquer de nouvelles technologies en vue d'aborder les problèmes au niveau planétaire. Depuis 2019, le projet est entré dans une nouvelle phase permettant son application dans la société. Cette revue présente les résultats obtenus jusqu'à présent par le projet, la vision de la recherche d'ici 5 ans, le système pastoral/agropastoral durable (dans l'agriculture et l'élevage), les enjeux dans l'application de ce système ainsi que les objectifs de développement durable à atteindre.

**Mots clés** : système agropastoral, objectifs de développement durable, SATREPS, Djibouti, gestion des ressources hydrauliques

### **1. Avant-propos**

Le « Projet de Méthodes Innovantes et Durables d'Utilisation de l'Eau pour l'Évaluation du Potentiel d'Écologisation en République de Djibouti », proposé par l'équipe de recherche composée principalement de l'Université d'Agriculture de Tokyo (UAT), a été retenu comme programme en partenariat de recherche scientifique et technologique internationale en vue d'aborder les problèmes au niveau planétaire (SATREPS). Le projet de recherche est mis en œuvre depuis 2019 (année fiscale). Ceci est le résultat d'un travail de recherche datant de plus de 25 ans de l'Université d'Agriculture de Tokyo à Djibouti. La présente revue donne la vision de ce projet de recherche qui sera mis en œuvre d'ici 5 ans, en évoquant également les résultats obtenus à Djibouti jusqu'à présent.

### **2. Principaux objectifs de développement durable à atteindre**

Il est important que le projet atteigne les objectifs de développement durable (ODD), établis par l'Organisation des Nations unies (ONU) que la société internationale s'engage à réaliser à l'horizon 2030, à travers les résultats obtenus et leur application dans la société. La population mondiale devrait atteindre 8,6 milliards en 2030 et 11,2 milliards en 2100, dont 45% seront africains, selon les statistiques démographiques des Nations Unies (ONU 2017). Dès lors, pour atteindre les ODD, l'application de ce projet dans la société, notamment dans les régions arides du continent africain, est d'autant plus importante.

L'objet du projet est donc Djibouti, l'un des pays les plus chauds du monde, situé sur la Corne de l'Afrique. L'objectif principal du projet est de mettre fin à la famine due aux sécheresses dévastatrices (Objectif N° 2 des ODD), en contribuant à la promotion de l'agriculture durable à Djibouti. Les

principales activités du projet sont donc : de maîtriser la surconsommation des ressources hydrauliques et de les exploiter convenablement, de contribuer à gérer et à assurer de manière durable non seulement l'eau destinée à l'agriculture mais aussi l'eau courante (Objectif N° 6 des ODD), et de promouvoir l'écologisation des déserts et la conversion des sols en terres cultivées, y compris la préservation des parties terrestres, la restauration des terres et sols dégradés et le reboisement (Objectif N° 15 des ODD).

### 3. Contextes de la recherche conjointe internationale

Les pays situés dans la Corne de l'Afrique du nord-est du continent africain sont exposés en permanence à la pauvreté et à la famine dues aux sécheresses sévères récurrentes. Parmi ces pays, la République de Djibouti est un pays au climat extrême, avec une moyenne annuelle d'environ 150 mm seulement de précipitations et des températures estivales maximales de plus de 40 C°, étant située à l'extrémité nord de la zone de rift dont la plupart des sols sont basaltiques. Lorsque les rivières tarissent après la saison des pluies (Figure 1), des eaux souterraines contenues dans les couches sédimentaires sont exploitable pendant quelques temps. Toutefois, à la fin de la saison sèche, les ressources en eaux souterraines se trouvant dans les couches peu profondes diminuent et la surface de la terre se dessèche. Dans de telles conditions naturelles, l'agriculture pluviale n'est pas possible à Djibouti et les seules nappes phréatiques peu profondes sont exploitables pour l'agriculture, l'élevage de bétail et l'eau courante.



**Figure 1** : Ambouli (oued) dans la saison sèche normale (image à gauche) et l'apparition des eaux de surface dans la saison des pluies (image à droite)

À Djibouti, il est estimé que les agriculteurs représentent moins de 1% de la population totale du pays et les éleveurs de bétail, y compris les nomades, 25% environ (CICR 2004). Les activités d'élevage de bétail demeurent traditionnelles et non commerciales. Parfois, il arrive que la production agricole ne représente que 5% du PIB du pays et le taux d'autosuffisance alimentaire ne s'élève qu'à 13 % sur la base de valeur de la production (JICA/NTC International 2014).

Ouvert sur le golfe d'Aden qui relie la mer Rouge et la mer d'Arabie, Djibouti constitue une plaque tournante de logistique et du trafic. Il est limitrophe de l'Érythrée, de l'Éthiopie et de la Somalie et sa position géographique lui offre, malgré sa petite superficie, une position géostratégique extrêmement privilégiée. Le Japon a également construit à Djibouti une base pour ses Forces japonaises d'autodéfense afin de lutter contre la piraterie. Djibouti maintient une forte stabilité dans la région de la corne de l'Afrique où la situation politique est souvent trouble. Cependant, ce pays souffre d'un taux de chômage élevé (supérieur à 50%), qui fait obstacle à son développement durable.

Si la gestion des ressources en eau, l'écologisation et la conversion des sols en terres cultivées peuvent être réalisées de manière efficace à Djibouti, il y a lieu d'espérer que le pays puisse sortir de

sa pauvreté chronique et que ces approches seront diffusées dans l'ensemble de la région de la Corne de l'Afrique, dotée d'un climat aride, ce qui peut contribuer à sa stabilisation. Or la stabilité des pays limitrophes est également un enjeu primordial pour Djibouti.

Pour citer un exemple : dans un secteur agricole de Djibouti, des agriculteurs novateurs mènent leurs activités agricoles complexes avec succès en combinant la culture des légumes et des fruits et l'élevage de bétail en exploitant les ressources en eaux souterraines contenues dans les couches peu profondes. Si on peut obtenir des ressources en eaux souterraines peu profondes de bonne qualité, de telles expériences fructueuses peuvent se multiplier. Si la carte du potentiel des ressources en eau, résultat de la présente recherche, peut servir à évaluer le développement agricole, elle peut contribuer à l'amélioration du taux d'autosuffisance en produits agricoles, taux aujourd'hui extrêmement faible.

#### **4. Résultats obtenus jusqu'à présent**

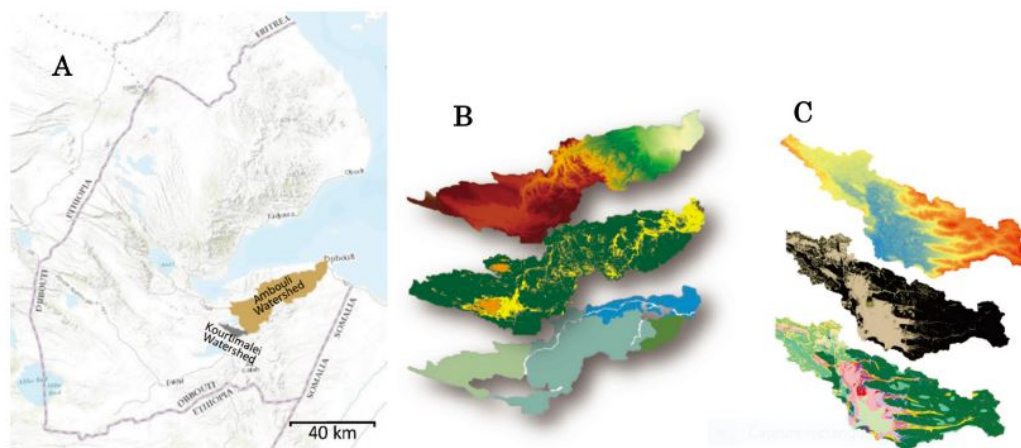
Depuis 28 ans, le groupe de recherche de l'UAT démontre et établit les méthodes d'écologisation efficaces et les espèces d'arbres propres à l'écologisation dans les zones arides telles que Djibouti et l'Éthiopie (ex : Association de plantation des arbres dans le désert 2000 et 2015, fondée par l'UAT). À travers ces activités, les techniques pour exploiter une petite quantité d'eau, telles que les méthodes de récupération de l'eau (Water harvesting method), de « Stone-mulching method<sup>1</sup> » et de « Double-sack method<sup>2</sup> », ont prouvé leurs efficacités. Le système d'irrigation avec un réservoir d'eau et d'autres méthodes ont été également proposés. Beaucoup de résultats obtenus jusqu'à présent par l'UAT sont pris comme référence et appréciés par de nombreux instituts de recherche et bureaux d'étude nationaux et étrangers.

Pour déployer et appliquer ces techniques accumulées non seulement dans des sites pilotes, mais également dans l'ensemble de Djibouti, ou encore dans la région de la corne de l'Afrique, il faut déterminer les zones auxquelles peuvent s'appliquer de telles techniques. Jusqu'ici, des recherches pratiques conjointes ont été menées avec le Ministère de l'Agriculture, de la Pêche, de l'Élevage et des Ressources Halieutiques (MAPERH) de Djibouti comme principal organisme partenaire, auquel appartient Ph.D. Tabareck M. Ismaël ayant obtenu le doctorat à l'UAT. La première université de Djibouti a été créée en 2006. Après la signature d'un protocole d'entente avec l'UAT en 2013, l'Université de Djibouti devient le principal organisme partenaire de l'UAT pour la recherche conjointe du présent projet de SATREPS. Dans ce cadre de recherche, en réalisant des exercices de simulation du cycle d'eau dans les zones cibles telles que le cours d'eau d'Ambouli (Malow 2018) et les bassins versants de Kourtimaléi (Malow et al. 2017) (Figure 2), M<sup>me</sup> Fadoumo A. Malow, maître-assistante de l'Université de Djibouti, a démontré dans sa thèse de doctorat, que l'on pouvait estimer, avec précision, le mouvement des eaux souterraines des bassins et la quantité d'eau dans les réservoirs (Figure 3).

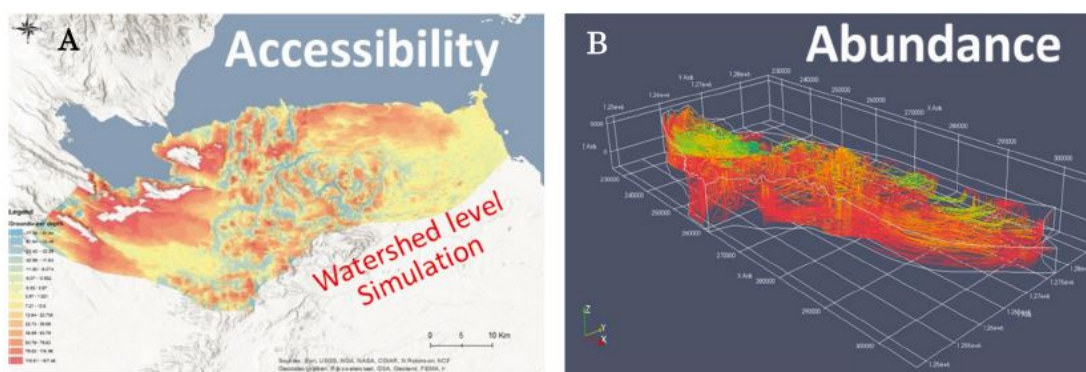
---

<sup>1</sup> Mise en place d'un paillage sur cultures maraîchères avec des pierres

<sup>2</sup> Méthode de protection des racines par les terres contenues dans un double sac pour faire pousser les plantes



**Figure 2 :** A) Répartition du bassin d'Ambouli (oued) et des bassins versants de Kourtimalei dans le territoire de Djibouti, B) Données de surfaces de terre d'Ambouli et C) celles de Kourtimalei (de haut en bas ; altitude, utilisation du sol et carte géologique) (Malow 2018)



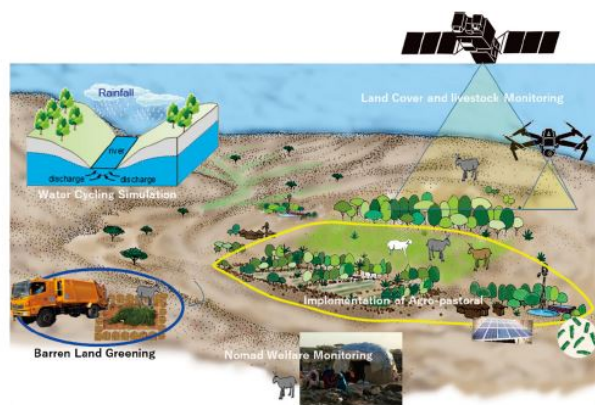
**Figure 3 :** A) Carte indiquant les niveaux du bassin versant d'Ambouli (oued) estimé sur la base des résultats de la simulation, B) Débit des eaux souterraines (Malow 2018)

### 5. Objectifs de la recherche conjointe internationale du projet de SATREPS

Afin de généraliser le système agropastoral qui permet d'exploiter dans des zones arides plus étendues les ressources hydrauliques de manière efficace et durable (Figure 4), la présente recherche a pour objectif de développer et de partager les techniques pour élaborer la carte d'une zone étendue du potentiel des ressources en eau et celle du potentiel d'écologisation, contribuant ainsi à proposer les modèles d'agriculture durable et d'écologisation aux zones propices. Elle définira la répartition en trois dimensions et les voies de circulation des ressources en eau à Djibouti classées en trois groupes, à savoir : les eaux de surface issues de précipitations, les eaux souterraines contenues dans les couches peu profondes et les eaux souterraines profondes. Elle élucidera également la géologie à l'origine de la qualité de l'eau et le mécanisme d'exploitation des eaux de végétation naturelles. À travers ces recherches, l'évaluation du potentiel d'écologisation, les zones optimales ainsi que la méthode optimale seront proposées.

Sur la base de ces résultats, le projet déploiera les fermes pilotes dans les zones propres à l'écologisation, démontrera l'efficacité de la carte du potentiel d'écologisation et établira enfin le modèle agropastoral y compris la sélection des plantes utiles, le développement des pâtures issues

des algues et la mise au point des techniques de production du fumier. En présentant une structure où l'écologisation contribue à l'amélioration de la vie des nomades par le développement des zones arides en exploitant des ordures ménagères et des zones destinées aux fermes pour la culture extensive (dont les bénéficiaires sont des nomades), le projet vise à prouver l'importance de l'écologisation et la possibilité d'application de ces méthodes à d'autres régions. Sur la base de ces résultats, nous établirons la méthode d'application de ce modèle aux régions propices à ce déploiement, afin de réaliser la mise en application du système agropastoral dans les régions plus étendues.



**Figure 4 :** Image du système agropastoral durable (citée par l'Association de plantation des arbres dans le désert en 2001 et par l'image élaborée dans le cadre du présent projet de recherche)

Pour la mise en œuvre du système agropastoral durable, le projet prévoit les études, les analyses et les activités pratiques, divisées en quatre sujets de recherche (Figure 4) suivantes et en un sous-groupe de généralisation et de publication de ce système :

**Sujet 1 :** Préparation du système du modèle de simulation du cycle de l'eau

**Sujet 2 :** Développement de la méthode d'évaluation du potentiel d'écologisation et de celle du potentiel de conversion des sols en terres cultivées

**Sujet 3 :** Démonstration de méthodes de l'exploitation agricole durable dans les fermes pilotes

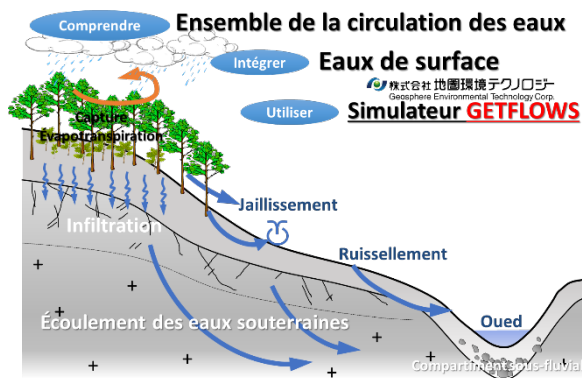
**Sujet 4 :** Mise au point d'une méthode d'écologisation rentable des zones arides, en prenant en considération les impacts de la sédentarisation des nomades

**Sujet 5 :** Généralisation et publication des modèles d'agriculture durable et d'écologisation sur la base des résultats obtenus par les sujets de 1 à 4 précités

**« Sujet 1 : Préparation du système du modèle de simulation du cycle de l'eau »**

Le premier sujet est de déterminer la répartition en trois dimensions des ressources dans les zones étendues de Djibouti et d'identifier les voies de circulation des eaux. Dans la première phase, le bassin d'Ambouli (oued) (Figures 2 et 3), riche en données (ex. données topographiques) obtenues par les systèmes d'information géographique (SIG), sera ciblé pour mieux comprendre les situations entourant les bassins, en reproduisant, au moyen du simulateur « GETFLOWS », le débit fluvial et le mouvement de la boue pendant la saison des pluies ainsi que le mouvement des eaux souterraines, l'avancée de leur tarissement et l'état sèche de la surface du sol pendant la saison sèche.

« GETFLOWS » est un logiciel capable d'analyser de manière continues le cycle de l'eau sur la terre, y compris les données d'évapotranspiration des eaux de surface (cours d'eau) et des eaux souterraines, d'érosion et de sédimentation des boues et de mouvement de ces dernières (Figure 5).



**Figure 5 :** Schéma conceptuel de l'analyse par « GETFLOWS », le simulateur du cycle des eaux utilisées (donnée prêtée par : Technologie de l'environnement géosphère)

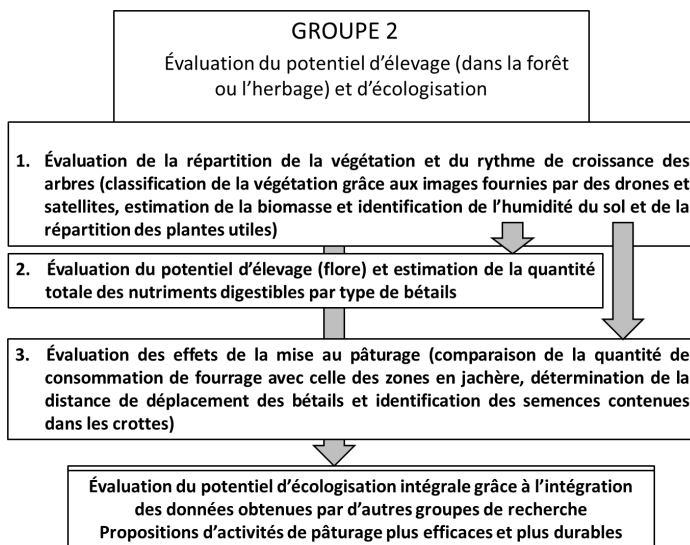
Dans la présente recherche, « GETFLOWS » servira à évaluer le potentiel des ressources en eau des zones arides de Djibouti où il n'y pas de fleuves/rivières permanents. L'efficacité de la carte du potentiel des ressources hydrauliques sera démontrée, en déterminant son rapport avec la carte du potentiel d'écologisation, de conversion des sols en terres cultivées et d'élevage élaborée à part. Ensuite, sur la base de ces expériences, nous étudions avec les autorités compétentes de Djibouti les possibilités de prévenir l'écoulement des sédiments, d'écologisation et de conversion des sols en terres cultivées autour des bassins ainsi que d'exploiter de manière rationnelle les ressources en eau. Nous élargissons également les zones d'application de la simulation et élaborons la carte du potentiel des ressources en eau sur les bassins de l'ensemble du territoire de Djibouti.

Par ailleurs, en identifiant les origines des eaux souterraines des puits par l'analyse isotopique, nous examinerons les résultats de la simulation et éluciderons le cycle hydrologique transfrontière. Si la simulation arrive à reproduire les mouvements fluviaux des zones arides et à prouver l'efficacité des mesures prises, ceci peut contribuer à formuler des propositions sur la base des simulations du cycle de l'eau, sur la préservation du territoire nationale, sur la prévention des sinistres et catastrophes naturels, sur les plans d'agriculture et sur la gestion des ressources hydrauliques.

## « Sujet 2 : Évaluation du potentiel d'écologisation et du potentiel de conversion des sols en terres cultivées »

Le deuxième sujet consiste à comprendre l'environnement des végétations (plantes herbacées et plantes ligneuses) des terres agricoles à travers les informations obtenues sur places, par les drones et par les images satellites, à identifier la répartition des végétations et sa tendance et à déterminer le potentiel d'écologisation par le rapport entre ces végétations et leurs habitats. Nous clarifierons l'état de végétations sur la surface de la terre grâce aux images fournies par des drones et satellites. D'abord, nous identifierons, grâce aux drones, les espèces de plantes prédominantes. Ensuite, nous examinerons en deux dimensions ces plantes grâce aux images satellites. En superposant les données des plantes prédominantes et les données topographiques et en collaboration avec le groupe de développement du modèle de simulation du cycle de l'eau, nous dessinerons la carte du potentiel des eaux contenues dans les sols et nous en servirons comme base de la carte du potentiel d'écologisation. Nous déterminerons également la capacité d'élevage de bétail des pâturages, à l'aide des données telles que la quantité totale des nutriments digestibles des bétails et la distance de leur déplacement par « bio-logging » (Figure 6).





**Figure 6 :** Diagramme de flux de la recherche pour atteindre les objectifs du « sujet 2 » du projet

### « Sujet 3 : Introduction des fermes pilotes pour l'exploitation agricole durable »

Le troisième sujet consiste à établir les fermes pilotes selon les niveaux du potentiel des ressources hydrauliques et d'écologisation évalués par la carte pour vérifier leur efficacité selon les données obtenues par ces exemples concrets. En effectuant les expériences de démonstration sur les méthodes de conversion des sols arides en terres cultivées, bénéfiques à la durabilité de chaque ferme pilote, ces activités ont pour objectif d'introduire des fermes pilotes pour une exploitation agricole optimale et durable (Figure 7).



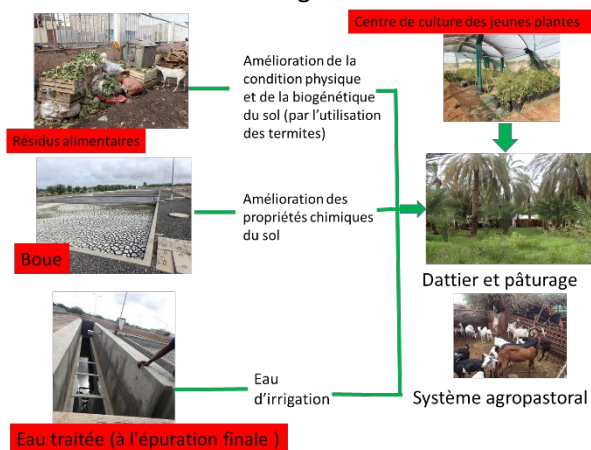
**Figure 7**

Dans les fermes pilotes introduites, nous développerons les techniques du système d'exploitation des eaux très efficace qui prévoit l'utilisation de l'eau collectée des cours d'eau après les précipitations, la prise, la retenue, le transport et l'irrigation des eaux souterraines contenues dans les couches peu profondes et voire même l'exploitation de l'énergie renouvelable. Nous examinerons également la possibilité d'utilisation de « PRD » (partial root drying irrigation/irrigation qui laisse les racines des plantes partiellement séchées) et « OPSIS » (Optimum subsurface irrigation system/Système d'irrigation souterraine) comme technique d'exploitation très économe en eau. Nous démontrerons, par la physiologie des plantes telle que la présence de l'acide abscissique, que l'irrigation composée de « PRD » et de « OPSIS » peut rendre les plantes résistantes à la sécheresse, et évaluerons également la productivité de l'eau par la quantité d'eau utilisée pour l'aspersion et le rendement. Par ailleurs, le projet vise à cultiver la spiruline (considérée comme pâture de qualité) dans un réservoir de la ferme, et donc à la transformer en pâture (Figure 7, image basse). Ceci afin d'établir le système agropastoral qui permet de réaliser l'agriculture la plus efficace et réaliste pour améliorer la productivité des sols et la capacité de production agricole.

**« Sujet 4 : Évaluation économique de la méthode d'écologisation des zones arides »**

Il s'agit d'examiner la possibilité d'application des méthodes d'écologisation dans les zones arides par l'exploitation des déchets organiques urbains et des bétails de Djibouti et d'élucider les processus d'amélioration des revenus et des niveaux d'éducation et de santé de la population, lorsque les bénéficiaires de ce projet sont des éleveurs. En effet, au Niger, pendant plus de 15 ans, nous avons renouvelé les essais d'écologisation des zones arides, à l'intérieur et à l'extérieur des champs, grâce aux déchets organiques urbains et des bétails. Nous avons constaté que l'installation des fermes, des pâturages et des bois est désormais possible (ex ; Oyama). Sur la base de ces résultats, le projet vise à établir les techniques d'écologisation adaptées aux conditions naturelles et sociales de Djibouti. Nous évaluerons également, de manière quantitative, à quel point ce projet d'écologisation contribue à l'amélioration de l'accès à l'éducation et de l'état de santé des enfants, grâce à des méthodes économiques tenant compte de nos expériences passées sur le potentiel des ressources hydrauliques.

Concernant l'écologisation des zones arides, étant donné que Djibouti n'a que la moitié de la précipitation annuelle du Niger (ca. 400 mm), nous commençons les essais par la ferme à Douda comme ferme pilote, fort de ses expériences d'exploitation efficace des boues et des eaux traitées issues d'une station de traitement des eaux usées. Nous visons à établir et généraliser le système agropastoral (Modèle Douda, Figure 8) par l'amélioration de la propriété chimique du sol et l'utilisation des eaux d'irrigation issues des eaux traitées, tout en surveillant la qualité de ces eaux.



**Figure 8**



Pour réaliser la sédentarisation des nomades, l'amélioration de leur environnement éducatif et de leurs conditions de vie par l'écologisation des zones arides, les résultats obtenus par l'écologisation doivent correspondre à leurs besoins. Dès lors, notre objectif est d'identifier les avantages qui seront offerts aux nomades et surtout, les conditions nécessaires pour qu'ils décident de « se sédentariser ». Plus concrètement ; 1) identifier les problèmes concernant les situations économiques et l'environnement actuels des nomades et les comprendre de manière structurelle, 2) comprendre la structure de prise de décision chez les nomades, telle que les personnes et les organisations et 3) extraire et évaluer les besoins et les demandes pour l'enjeu 1) précité et clarifier leurs rapports avec les effets de l'écologisation. Nous examinerons également la gestion durable des fermes, en estimant la demande potentielle des produits agricoles dans le futur (Figure 9).



Figure 9

### « Sujet 5 : Généralisation et publication des modèles »

Le dernier sujet consiste à partager avec les personnes concernées telles que les chercheurs du Centre d'Études et de Recherche de Djibouti (CERD), les agents du MAPERH et ceux du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, les processus et les résultats obtenus pour les sujets 1 à 4 à travers les manuels rédigés et les formations organisées à l'Université de Djibouti. Nous transmettrons ces techniques de gestion agricole et d'écologisation aux agriculteurs et aux nomades du pays par les ateliers.

### Remerciements

Cette revue est un extrait (avec modification) de la requête de 2018 et du plan annuel de 2019 (année fiscale) pour le programme du SATREPS (partenariat de recherche scientifique et technologique pour le développement durable) destiné à promouvoir la recherche internationale et à apporter les solutions aux problèmes mondiaux, en collaboration de la JICA et de la JST.

### Ouvrages consultés

JICA/NTC International (2014) : Rapport final pour l'étude du schéma-directeur pour l'Irrigation et l'Agriculture durable dans la zone sud de Djibouti, Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Mer, chargé des ressources Hydrauliques, décembre 2014

Suichi OYAMA (2015) : Défi contre la désertification du Sahel en Afrique de l'Ouest : Écologisation par l'exploitation des déchets, lutte contre la famine et prévention des conflits, édition Showa-do

Association de plantation des arbres dans le désert (2000) de l'Université d'Agriculture de Tokyo :  
100 paysages d'écologisation des déserts de Djibouti – Un autre guide sur l'Afrique, maison d'édition  
de l'Université d'Agriculture de Tokyo

Association de plantation des arbres dans le désert (2015) de l'Université d'Agriculture de Tokyo :  
Edition du vingtième anniversaire de l'association de plantation des arbres dans le désert de  
l'Université d'Agriculture de Tokyo - Rapport d'activités dans l'Afrique de l'Est -, volume rédigé par  
WATANABE, TOYODA et FUKUNAGA, imprimerie Chuei