Ecole Supérieure d'Agriculture de Mograne

Centre de Recherche pour le Développement International

Projet de recherche développement

Eau Virtuelle et Sécurité Alimentaire en Tunisie : du Constat à l'Appui au Développement (EVSAT-CAD)

Financé par le Centre de Recherches pour le Développement International (CRDI) et mené par l'École Supérieure d'Agriculture de Mograne (Subvention n° : 106545 – 001)
Lieu de réalisation du projet : Tunisie

Par :
BENALAYA Abdallah [1], SOUISSI Asma [1], STAMBOULI Talel[1], ALBOUCHI Lassaad[1], CHEBIL Ali[2] & FRIJA Aymen[3]

1 : Ecole Supérieure d'Agriculture de Mograne, 1121 Mograne, Tunisie.
2: International Center for Agricultural Research in the Dry Areas ICARDA, TUNIS
3: International Center for Agricultural Research in the Dry Areas ICARDA, AMMAN

Rapport Technique Final

Période visée par le rapport : de Février 2015 à Juillet 2015

Août 2015

Table des matières

1. Résumé 3
2. Problème(s) faisant l'objet de la recherche 4
3. Progrès accomplis en vue de franchir les étapes clés 5
4. Synthèse des activités et des résultats de la recherche 9
5. Synthèse des résultats obtenus au regard des incidences attendues du programme ASA 25
6. Problèmes et défis.....31
7. Recommandations 32
8. Annexes 33

Liste des abréviations

CITET : Centre International des Technologies de l'Environnement de Tunis
CNEA : Centre National des Etudes Agricoles
CRDA : Commissariat Régional de Développement Agricole
CRDI : Centre de Recherche et de développement International
CRRA : Centre Régional des Recherches Agricoles
CRRAO : Centre Régional de Recherche en Agriculture Oasienne
CRRGC : Centre Régional des Recherches en Grandes Culture
DCT : Double Concentré de Tomate
ESA-Mograne : Ecole Supérieure D'Agriculture de Mograne
EV : Eau virtuelle
EVSAT-CAD : Eau Virtuelle et Sécurité Alimentaire en Tunisie : du Constat à l'Appui au Développement
GAMS : General Algebraic Modeling System
GDA : Groupements de Développement Agricole
HSH : Humide Subhumide
IAA : Industrie Agro-alimentaire
INAT : Institut National Agronomique de Tunis
INGC : Institut National des Grandes Cultures
INPFCA : Institut National Pédagogique et de Formation Continue Agricole
INRGREF : Institut National de Recherche en Génie Rural, Eau et Forêts
INS : Institut National de la Statistique
IO : Institut de l'Olivier
ISBN: International Standard Book Number
PV: Procès Verbal
TIC : Technologies de l'information et de la communication
WEAP: Water Evaluation and planning
WFN: Water Footprint Network

1. Résumé

Aux termes du projet "Eau Virtuelle et Sécurité Alimentaire en Tunisie: du Constat à l'Appui au Développement "et grâce aux efforts des ses différents membres et collaborateurs, toutes les activités planifiées liées à la réalisation des principaux objectifs fixés ont bien été achevées.
Il est à rappeler que l"eau virtuelle désigne le volume d'eau nécessaire à la production d'un produit. Le concept est surtout utilisé pour décrire les quantités d'eau associées au commerce des produits. En agriculture, l'eau virtuelle utilisée par la culture peut être constituée seulement d'eau verte si elle est pratiquée en régime pluviale (non irriguée) ou d'eau verte et d'eau bleue si elle est irriguée.
La distinction eau bleue / eau verte a été proposée par Falkenberg en 1995.
Quand il pleut, une fraction de l'eau qui atteint le sol contribue à l'eau bleue (par ruissellement superficiel et par percolation vers les nappes d'eau souterraine) : le reste constitue l'eau verte.

- l'eau « bleue » est celle qui transite rapidement dans les cours d'eau, les lacs, les nappes souterraines;
- L'eau « verte », stockée dans le sol et la biomasse, qui est évaporée ou absorbée et évapotranspirée par les plantes et retourne directement à l'atmosphère.

La ressource en eau bleue disponible est l'eau douce contenue dans les nappes souterraines, barrage et lacs. L'eau bleue utilisée en agriculture est l'eau d'irrigation distribuée aux cultures. La ressource en eau verte est l'humidité contenue dans les sols. L'eau verte utilisée par les cultures est l'eau de pluie consommée par les cultures.

Il est important de rappeler que les objectifs généraux du projet sont essentiellement axés sur l'évaluation du potentiel et des enjeux de l'eau virtuelle dans la stratégie de sécurité alimentaire en Tunisie et ses implications sur l'économie des ressources en eau ainsi que l'identification des mesures stratégiques permettant d'atténuer la vulnérabilité des ménages face à l'insécurité alimentaire.
Le progrès accomplis durant les derniers six mois ainsi qu'une synthèse des résultats et constatations effectuées tout au long du projet sont présentés à travers ce rapport technique final.
Durant cette dernière phase, les réflexions de l'équipe du projet ont essentiellement concerné le quatrième et dernier jalon qui concerne « l'exploitation des données, la présentation et interprétation des résultats et le développement des capacités ». Ainsi, les activités entreprises ont été principalement reliées à la valorisation et la dissémination des résultats de recherche les plus pertinents.
En partant des données collectées à travers les fiches technico-économiques et l'enquête dirigée aux unités de transformation des principaux produits agroalimentaires , il a été possible de dresser le bilan des échanges d'eau virtuelle et de connaitre les répercussions de l'importation et de l'exportation des produits agroalimentaires sur la disponibilité des ressources en eau en Tunisie. En effet, malgré l'importance des volumes d'eau virtuelle exportée à travers l'exportation de produits stratégiques tels que l'huile d'olive et les dattes, la Tunisie est considérée plutôt comme un importateur d'eau. Cependant, de meilleures opportunités de valorisation des ressources en eau disponibles et d'amélioration de revenus ont été identifiées et discutés avec les acteurs impliqués dans le processus de développement économique et social. Parmi les recommandations déduites à partir des différentes études et actions de recherches entreprises dans le cadre du projet, on peut dire que les irrigations d'appoint du blé dur souvent absentes dans les étages humide subhumide et semi aride supérieure permettraient une meilleure valorisation de l'eau. Des rendements plus importants seront alors obtenus pour une culture considérée comme l'un des piliers de la sécurité alimentaire en Tunisie. En contre partie, l'encouragement de la culture de l'olivier en pluvial dans toutes les régions de la Tunisie est nécessaire pour garantir l'équilibre de la balance commerciale alimentaire tout en évitant l'exportation de d'eau virtuelle bleue très précieuse. En ce qui concerne les cultures maraichères, elles sont à encourager dans les périmètres

irrigués. Ces cultures valorisantes d'eau bleue permettent aussi la création d'un revenu supplémentaire surtout pour les femmes rurales.
Les différents résultats du projet incluant les calculs des coûts d'opportunité de l'eau d'irrigation, les avantages comparatifs des différentes cultures en matière d'économie d'eau, les bilans hydriques en termes d'eau bleue, eau verte et eau gaspillée ainsi que l'évolution de la consommation alimentaire et de son empreinte eau moyenne et leurs impacts sur la sécurité alimentaire du pays, ont servis d'outils innovateurs et pertinents pour renforcer les capacités des parties prenantes dans la gestion et l'utilisation des ressources hydriques. Durant les multiples rencontres qui ont eu lieu tout au long du projet (ateliers, formations, journées scientifiques, etc.) plusieurs débats ont servis à cristalliser l'enthousiasme des participants face à des nouvelles stratégies visant à renforcer la sécurité hydrique et alimentaire du pays. En plus, des communications orales ont été présentées lors des participations à des événements nationaux et internationaux et des articles scientifiques en relation avec les objectifs du projet ont été publiés dans des revues ou sont en cours de préparation.

La situation actuelle du secteur agricole en Tunisie est analogue à un cours d'eau qui a subit un étranglement à son aval. Lequel réduisait le transit et entraine une accumulation de l'eau à son amont et en conséquence l'apparition de nombreux problèmes environnementaux (dégradation de la qualité de l'eau, réduction de la faune aquatique, apparition de mauvaises odeurs, prolifération de bactéries et moustiques indésirables, accumulation de sédiments, ..). Les solutions à ces problèmes initiés au niveau de la retenue d'eau restent des traitements de soulagement et ne permettent pas d'éradiquer définitivement ces problèmes. L'élimination de l'étranglement entrainera certainement l'élimination des problèmes engendrés.

Pour le système du secteur agricole, l'étranglement est engendré dans la phase de la commercialisation des produits agricoles. Les données récapitulées dans les fiches technico-économiques des cultures établies dans le cadre du projet montrent, à titre global, que les bénéfices des exploitants sont dérisoires. La plupart des exploitations agricoles sont de petite taille et, souvent, ce type d'exploitation permet à son propriétaire d'obtenir, à la fin de la compagne agricole, des bénéfices qui sont inférieurs au salaire minimal agricole que peut toucher un ouvrier durant la même période. De l'autre côté, les prix des produits agricoles exposés aux consommateurs sont de loin supérieurs à ceux de la vente par les agriculteurs en atteignant des fois le triple. Cela signifie que le gain important de l'activité agricole est accaparé par les intermédiaires de la commercialisation. Affecté par ce problème, les exploitants trouvent de moins en moins de la main d'œuvre surtout masculine puisque les jeunes du milieu rural partent en exode de plus en plus vers les milieux urbains pour trouver des rémunérations meilleures. Les quelques incitations, encouragements et aides accordés par l'état ne sont que des mesures de soulagement et restent insuffisantes pou améliorer les conditions des activités agricoles. La solution majeure doit concerner l'étranglement de la commercialisation. Il faut aider l'agriculteur à combler tout d'abord ses dépenses et à gagner une marge qui est nécessaire pour vivre normalement et pour le maintenir dans son activité agricole. De cette façon, l'exode sera réduit et il peut y avoir un retour en arrière de ceux qui sont partis, l'activité agricole se développera mieux et les productions augmenteront et par conséquent la sécurité alimentaire sera améliorée. En absence du problème de la commercialisation, tous les autres problèmes engendrés à son amont (au niveau des exploitations) seront résolus, sinon très réduits.

2. Problème(s) faisant l'objet de la recherche

La réalisation du projet EVSAT-CAD a permis de prendre conscience de la gravité des problèmes liés à la pénurie d'eau dus non seulement à la dégradation et la surexploitation des ressources en eau mais également à une gestion inefficiente des eaux mobilisables, dans un contexte d'aléa climatique et d'insuffisance de la sécurité alimentaire. L'instauration de stratégies agricoles innovatrices, efficaces et

bien fondées qui permet de mieux gérer les ressources en eau et d'atténuer la vulnérabilité des ménages face à l'insécurité alimentaire, s'impose.
Cependant, un certain déphasage entre les résultats de la recherche scientifique en Tunisie et les mesures souvent entreprises par les décideurs politiques a attiré l'attention des membres du projet, surtout lorsqu'il se traite d'innovation et de développement stratégique. La valorisation des résultats de recherche scientifique est donc une étape particulièrement importante en Tunisie, notamment en ce qui concerne les ressources en eau, vue que la situation est devenue critique avec la surexploitation voir même l'épuisement de certaines nappes profondes.
Des ateliers, des journées de formations, des journées scientifiques et des réunions au sein du Ministère de l'Agriculture ont permit de familiariser les différentes parties prenantes avec les nouveaux concepts introduits à travers les actions de recherche du projet et ont présenté des occasions de réflexion enrichissantes concernant la valorisation et la sauvegarde de ces ressources.

Il est aussi important de rappeler que certains problèmes particuliers reliés essentiellement à la pratique de l'agriculture intensive, le gaspillage d'eau, les rejets des eaux usées en Tunisie et la tendance à l'épuisement des ressources en eau non conventionnelle particulièrement dans le sud tunisien, sont pris en considération dans les travaux du projet.
La gestion des ressources en eau au sein des unités de transformation des produits agroalimentaires destinés à l'exportation représente l'un des problèmes faisant l'objet de la recherche, qui ont été perçus au fur et à mesure de l'avancement des travaux du projet. Les industries agroalimentaires sont très exigeantes en ce qui concerne la qualité des eaux. Une mauvaise gestion pourrait créer des pressions non seulement sur les volumes d'eau mais surtout sur les eaux de bonne qualité.
En effet, des points très importants ont été soulevés en étudiant cette nouvelle composante venant remplacer la partie expérimentale programmée pour tester les systèmes de production économe en eau qui aurait dû avoir lieu en collaboration avec un ou deux GDA. Cette composante a été annulée faute de temps, comme on l'a déjà expliqué dans les rapports précédant.
Ainsi, évaluer la contribution de ces unités dans les flux d'eau virtuelle exportée et identifier les bonnes pratiques permettant une utilisation optimale de ces ressources aidera significativement à identifier leur impact sur le déficit hydrique et la sécurité alimentaire en Tunisie. Sans oublier que l'industrie de transformation des produits agroalimentaires semble avoir de l'impact non seulement au niveau de ses unités de production mais même au niveau des exploitations agricoles qui fournissent la matière première de base.

3. Progrès accomplis en vue de franchir les étapes clés

Au bout de trois ans de travail continu et grâce à la prolongation de six mois accordée par le CRDI, les différentes étapes clés du projet ont été dûment franchises. Les progrès accomplis pendant la période objet de ce rapport allant du 3 février au 2 juillet 2015, ont permis de clôturer les activités du projet.
Rappelons que cette quatrième étape a été consacrée **à l'exploitation des données, à la présentation et interprétation des résultats et au développement des capacités** des différents acteurs concernés par les activités réalisées dans le cadre du projet (agriculteurs, industriels, décideurs politiques, chercheurs, étudiants, etc.).
Les jalons fixés pour cette période sont en partie les mêmes partiellement accomplis durant la période précédente du projet allant de août 2014 à janvier 2015 stipulant que:

i. La consommation des ménages en Tunisie sera analysée et l'empreinte en eau du tunisien moyen déterminée ainsi que la part de cette empreinte qui provient des produits importés;

ii. Les flux des produits alimentaires et agro-alimentaires et les bilans hydriques intégraux (eau bleue, eau verte et eau virtuelle) entre la Tunisie et le reste du monde seront évalués et les relations entre bilan hydrique et bilan financier seront bien élucidées.
iii. L'enquête auprès des unités de transformation des produits agroalimentaires sera réalisée, les empreintes eaux des différents produits agroalimentaires transformés ainsi que la contribution de ces unités dans les flux d'eau virtuelle exportée et leur impact sur la sécurité alimentaire seront déterminés.
iv. Les systèmes de production qui accroîtront la productivité du m^3 d'eau d'irrigation, qui contribuent le plus à la sécurité alimentaire et les plus respectueux de la contribution de tous les acteurs (hommes ou femmes), seront identifiés.

Le premier jalon est actuellement achevé. Les résultats de cette étude ont déjà été partiellement présentés dans l'annexe 11 du sixième rapport technique. L'étude complète qui détaille l'évolution de la consommation alimentaire et ses impacts sur l'empreinte eau du consommateur tunisien moyen sur une période de 30 ans ainsi que la part de cette empreinte provenant des produits importés, est présentée dans **l'annexe 1** de ce rapport final. On rappelle que pour le calcul de l'empreinte eau de consommation alimentaire nous avons opté pour la méthode de la WFN « Water Footprint Network » basée sur l'estimation de l'eau bleue, l'eau verte et l'eau grise contenues dans chaque produit alimentaire consommé. Grace à ce travail, il a été possible d'identifier les sources de pression exercée par le consommateur sur les ressources hydriques en Tunisie. Une communication orale et un poster reliés à ce premier jalon, ont été présentés durant cette période du projet **(annexe 2)**.
Touchant de près les différentes parties prenantes autant que consommateurs et/ou producteurs, les résultats présentés ont contribué à les sensibiliser face à l'augmentation incessante de l'empreinte eau de consommation alimentaire. Cette augmentation qui met en péril la sécurité alimentaire en Tunisie est essentiellement due à la croissance de la consommation des viandes. Un premier prix du meilleur poster a été remporté durant les 3èmes Journées Scientifiques de l'Institut National Agronomique de Tunisie « From Tradtional to Future Trends in Food Technology », organisées à Tunis le 28 et 29 Mai 2015.
Le deuxième jalon est également achevé. Les bilans hydriques établis ont été vérifiés (**annexe 3**). Les cultures à haute valeur ajoutée sur la base de leur contribution à la préservation des ressources hydriques ont été identifiées à l'échelle de chaque étage bioclimatique et à l'échelle nationale.
D'une part, il en découle principalement qu'il serait judicieux d'augmenter les superficies des céréales sous irrigation d´appoint dans les zones à haut rendement et où les terres ne peuvent pas être allouées à l´arboriculture. L'augmentation des superficies céréalières au nord (étage bioclimatique humide subhumide [HSH]) a pour objectif d'améliorer la sécurité alimentaires nationale mais la valorisation de l'eau virtuelle reste alors fortement lié à la bonne gestion de la parcelle (superficie de terrain cultivé, champ, verger, ..) et a l'élaboration d'un bon plan d'irrigation qui peut aider à réduire le gaspillage de l'eau tout en préservant un rendement souhaitable pour la culture. D'autre part, c'est l'olivier en pluvial qui valorise au mieux le m^3 d'eau exporté. L'accroissement des superficies des piments, tomates et des agrumes s'avère aussi interessant dans certaine zones irriguées étant données que ces cultures valorisent mieux le m^3 d'eau à l'exportation (volume d'eau virtuelle < $0.5 m^3/kg$). Les résultats sont plus détaillés dans la section suivante de ce rapport. Un rapport détaillant ces bilans est présenté dans l'annexe 3. Des participations à des manifestations internationales en relation avec ce point sont réalisées **(annexe 2)**.

Le troisième jalon concerne l'enquête auprès des unités de transformation des produits agroalimentaires dont l'intérêt a été vérifié au fur et à mesure de l'avancement des activités du projet. L'enquête a été clôturée durant le mois de janvier. Un total de 160 unités de transformation et de conditionnement réparties sur tout le territoire tunisien a été enquêté. D'une façon générale, le déroulement des enquêtes

a été favorable du point de vue objectif à réaliser et par rapport à la compréhension et l'intérêt que portent les personnes enquêtées à la notion d'eau virtuelle et aux problèmes de gestion d'eau.
La vérification des données saisies et l'analyse des résultats ont été aussi achevées. Un rapport détaillant les résultats les plus pertinents est présenté dans **l'annexe 4** de ce rapport final. Ce rapport est très intéressant car il évalue la part de l'industrie alimentaire dans le flux d'eau virtuelle. Il démontre que les exportations des quartes branches agroalimentaires étudiées (conserves de tomate et de piment, huile d'olive, dattes et vin) représentent presque 40% de la valeur monétaire des exportations, mais forment environ 85% des exportations d'eau virtuelle.

Le quatrième jalon se rapporte à l'identification des systèmes de production qui accroîtront la productivité du m^3 d'eau d'irrigation et qui contribuent le plus à la sécurité alimentaire. Cette étape a servi à conclure sur les stratégies optimales qui peuvent être proposées aux décideurs politiques afin d'implémenter les résultats de ce projet de recherche. Un rapport résumant ces résultats a été présenté dans le sixième rapport technique (annexe 13). Une autre étude traitant ce même aspect à travers une approche différente qui se base sur la compétitivité des produits agricoles tunisien est présentée dans **l'annexe 5** de ce rapport final.
En plus de ces quatre jalons, cette quatrième et dernière étape du projet inclue « La présentation des résultats du projet et le développement des capacités des parties prenantes dans la gestion et l'utilisation des ressources hydriques ». Les activités entreprissent sont concrétisée comme suit :

L'organisation de trois journées de formation destinées aux agriculteurs. Ces journées ont eu lieu dans différentes régions du pays afin d'accroitre les chances de participation des acteurs clés au niveau de la formulation et l'exécution des programmes de sécurité alimentaire et de conservation des ressources hydriques. Les trois journées ont porté sur le suivi de gestion des exploitations agricoles pour une meilleure valorisation de l'eau. Elles ont visé essentiellement les agriculteurs diffuseurs et le personnel des structures locales chargées de la vulgarisation dans les régions du nord, centre et sud de la Tunisie. La première journée de formation a eu lieu le 18 mai 2015 au complexe de la Jeunesse et de la Culture à Sidi Bouzid. La deuxième a été organisée le 25 mai 2015 à l'Institut National des Grandes Cultures à Boussalem. Finalement, une troisième journée a eu lieu le 08 juin 2015 à la Maison de la Jeunesse à Korba. Ces trois sessions de formation ont été assurées grâce aux différentes interventions assurées par Mr Albouchi Lassaâd, Mr Abdallah Benalaya et Mr. Stambouli Talel. Les objectifs de ces journées sont essentiellement d'aider les agriculteurs à enregistrer les données relatives à la conduite de leurs exploitations agricoles, à évaluer et analyser leurs résultats et de sensibiliser les agriculteurs à l'utilisation des outils d'aide à la décision afin d'améliorer leur capacité de planification et de pilotage. Les programmes détaillés des journées réalisées sont dans **l'annexe 6** du rapport.

La soutenance de deux projets de fin d'étude. Pour obtenir le diplôme national d'ingénieur Mlle Emna BENHAMZA et Mlle Islem DKHILI ont soutenu leurs projets de fin d'étude réalisés dans le cadre du projet EVSAT-CAD. Ces travaux sont étroitement lié à la troisième composante (iii) de cette étape finale du projet, à savoir « L'enquête auprès des unités de transformation et l'estimation des empreintes eaux des principaux produits agroalimentaires transformés ainsi que la contribution de ces unités dans les flux d'eau virtuelle exportée ». Mlle Emna BENHAMZA a été encadrée par Monsieur STAMBOULI Talel. Son projet de fin d'étude est intitulé « Estimation de l'empreinte eau d'une boite de double concentré de tomates par deux approches différentes ». Mlle Islem DKHILI a été encadrée par Mme OUERTANI Emna et son projet est intitulé « Valorisation de l'eau en industrie agroalimentaire : une réflexion en termes d'eau virtuelle et de sécurité alimentaire. Cas de la filière huile d'olive en Tunisie » Les étudiantes ont eu leurs diplômes avec la mention très bien. Les deux projets sont annexés à ce rapport final **(annexes 7 et 8).**

Thèses de doctorat : actuellement, deux thèses de doctorat liées aux différentes composantes du projet EVSAT-CAD sont à des stades bien avancées elles seront probablement déposées à la fin de cette année. **Réunions** : plusieurs réunions concernant l'avancement des activités du projet, la discussion des résultats et les moyens les plus opportuns de leur dissémination ont eu lieu durant cette phase. Les Procès Verbaux de ces réunions de l'équipe du projet sont présentés dans **l'annexe 9**. D'autre part, des réunions particulièrement intéressantes ont eu lieu au sein du Ministère de l'Agriculture « Direction Générale de la Production Agricole » dans le but de valoriser les résultats du projet et de les mettre à la disposition de tous les acteurs concernés. Durant la réunion de démarrage qui a eu lieu le 19 mars 2015, il a été convenu que l'École d'Agriculture de Mograne et à travers les résultats du projet (fiches technico-économiques) EVSAT-CAD participera aux travaux de la commission nationale de suivi et d'évaluation des coûts de production des cultures maraichères. Un PV en arabe précisant ces détails a été rédigé par les représentants du ministère et une copie a été communiquée à l'équipe du projet. Durant les réunions suivantes Mr Benalaya, Mr Abdelkefi, Mlle Souissi et Mr Rouz ont été parmi les participants. Les données qu'ils ont présentées ont été appréciées par les différentes parties prenantes.

Atelier : un atelier intitulé « Eau Virtuelle et Sécurité alimentaire en Tunisie : Situation et Perspectives » a été organisé le 06 Mai 2015 pour la diffusion des résultats du projet. Plusieurs communications soulignant les principaux résultats obtenus, ont été présentées par les différents membres et collaborateurs du projet. Le programme, le PV, les résumés des communications et les présentations de cette journée sont annexés à ce rapport **(annexes 10 et 11).**

Participations aux événements nationaux et internationaux : en plus de l'atelier organisé, durant cette dernière phase, les différents membres et collaborateurs du projet ont participé à des événements nationaux et internationaux relatifs à l'eau et à l'agriculture afin de favoriser le partage des données et de faciliter la dissémination des résultats et des recommandations concernant les bonnes pratiques et une meilleure gestion des ressources en eau en Tunisie **(annexe 2).**

Atelier de clôture : Cet atelier a été prévu pour la fin de la période du projet (fin du mois de juillet). Mais il n'a pas été organisé à cause de la coïncidence de cette période avec les vacances d'été qui ne permettent pas d'assurer une large participation de scientifiques, acteurs économiques, représentants de structures de développement agricole publics et privés et décideurs.

La plateforme électronique du projet est accessible à tous via l'adresse www.evsat.tn. Elle a été entièrement modifiée et actualisée, avec l'aide d'un informaticien recruté occasionnellement dans le cadre du projet, a fin d'assurer la bonne diffusion des informations sur les travaux de recherche et le déroulement du projet.

Consultation sur la place de la femme dans la gestion de l'eau et la sécurité alimentaire en Tunisie. D'après les rapports n°3 et n°4 présentés par l'experte genre **(annexes 12 et 13)**, un diagnostic de la relation « genre » en milieu rural en rapport avec la gestion de l'eau et la sécurité alimentaire a bien été réalisé. Des études de cas ont été menées dans trois régions faisant partie des différents étages bioclimatiques de la Tunisie (Zaghouan, Sidi Bouzid et Beja). Finalement, des mesures pour que les femmes puissent bénéficier autant que les hommes des avantages du projet et se situer à leur juste place dans les nouvelles stratégies de sécurité alimentaires et de gestion des ressources hydriques ont été proposés. Bien que l'implication des femmes dans le choix et l'exécution des activités agricoles et la promotion de l'égalité entre genre dans les milieux ruraux ne s'avèrent pas une mission facile, il est

possible d'apercevoir les effets des actions entreprises par le projet EVSAT-CAD visant la reformulation des politiques de développement.

Évaluation finale du projet : En ce qui concerne l'évaluation finale des travaux du projet, un appel à candidature pour le recrutement d'un expert a été publié plusieurs fois durant les mois de janvier et février. Un seul candidat a répondu pour cet appel en présentant un profil qui ne remplissait pas les conditions requises indiquées dans les termes de références pour mener à bien une telle tâche. Pour cette raison cette activité a été annulée.

4. Synthèse des activités et des résultats de la recherche

La liste des communications orales et des articles relative à toutes les activités qui ont été réalisées durant tout le projet est dressée par ordre chronologique dans **l'annexe 14** de ce rapport finale.
Une bonne partie des résultats de recherches qui se rapportent aux objectifs spécifiques du projet, ont déjà été détaillés dans le 6ème rapport technique. Toutefois, cette prolongation de six mois était cruciale pour achever la dernière étape **«Interprétation des résultats et développement des capacités»** présentée dans la section « programme des étapes importantes du projet » du contrat.
On rappelle que les objectifs spécifiques fixés pour ce projet, sont :

1. La détermination des Bilans Hydriques Intégraux (Eau bleue, eau verte et eau virtuelle) des différentes régions économiques et/ou zones bioclimatiques de la Tunisie.
2. L'évaluation des flux physiques et financiers des produits alimentaires et agroalimentaires de base avec l'extérieur, en tenant compte des ressources en eau disponibles.
3. L'évaluation des coûts d'opportunité de l'eau et des facteurs « limitant » des cultures stratégiques, par système de production, par type d'exploitation et par zone bioclimatique.
4. L'identification des produits agricoles et agroalimentaires qui représentent un avantage comparatif en matière de ressources hydrauliques en se basant sur le coût d'opportunité de l'eau et leur classification selon leurs niveaux de contribution à la sécurité alimentaire.
5. Le développement des capacités des parties prenantes dans la gestion et l'utilisation des ressources hydriques.

Une synthèse des activités et des résultats de recherche obtenus tous au long du projet est présentée dans les points suivants :

Edition fiches technico-économiques

Un recueil des fiches technico-économiques observées des principales cultures pratiquées en Tunisie a été édité en deux tomes (annexes 15 et 16). Le premier tome du recueil (**annexe 15,** édité sous l'ISBN: 978-9973-9813-0-1**)** comprend en plus d'une partie introductive qui résume la méthodologie de l'enquête et les méthodes d'estimation de l'eau totale utilisée, des fiches technico-économiques moyennes des principales cultures pratiquées dans les 5 étages bioclimatiques de la Tunisie répartie sur 7 zones d'étude. Le deuxième tome (**annexe 16,** édité sous l'ISBN : 978-9973-9813-1-8) présente également les méthodes d'estimation de l'eau et les différentes pondérations réalisées pour l'obtention de moyennes représentatives. Il renferme aussi des fiches moyennes par culture réparties selon les étages bioclimatiques et des fiches moyennes par culture à l'échelle de la Tunisie. Finalement, un tableau récapitulatif est dressé. Il résume les chiffres clés pour chaque culture (rendements, marges brutes, quantités d'eau d'irrigation, quantités d'eau totale utilisée, etc.).

Il est à rappeler que les ateliers réalisés étaient très utiles et satisfaisant dans la mesure où ils ont permit de corriger les données imprécises ou erronées fournies par les exploitants lors des enquêtes. Il est aussi important d'indiquer que ce recueil constitue la base de données principale du projet (EVSAT-CAD) et qu'il a servi pour l'accomplissement de différents objectifs spécifiques. Ce recueil représente aussi un

outil de travail et d'aide à la décision apprécié par tous les acteurs impliqués aussi bien dans la gestion des exploitations agricoles ou concernées par l'utilisation des ressources en eaux (agriculteurs, vulgarisateurs, représentants des ministères de l'Agriculture et de l'Environnement, chercheurs, etc.)

Bilan hydrique

Les bilans hydriques établis dans l'annexe 4 du sixième rapport technique ont été vérifiés et partiellement révisés au cours de cette période. Les nouveaux résultats diffèrent légèrement des précédents au niveau de quelques chiffres et sont bien été détaillés dans l'annexe 3. Il serait utile de rappeler que les principaux résultats obtenus:

Le total des ressources eau mobilisée de la Tunisie est estimé en moyenne à 4860 millions de m³ (Mm^3) dont 2160 Mm^3 comme eaux souterraines, soit 44,4% et 2700 Mm^3 comme eaux de surface, soit 55,6%. Ces ressources sont faibles en raison des précipitations limitées et des tailles modestes des bassins hydrologiques et du pays. La rareté des ressources en eaux est un facteur déterminant dans la politique de leur mobilisation, ainsi que du rôle de l'Etat, principal acteur de la politique hydraulique du pays.

La superficie totale étudiée est de l'ordre de 2,44 Millions d'hectares de terres cultivées. L'eau bleu totale utilisée (eau d'irrigation) par les cultures est de l'ordre de 2830 Mm^3 ce qui présente les 31,9% de l'eau virtuelle totale utilisée par ces cultures. La majeur partie (68,1%) de l'eau virtuelle utilisée provient de la pluie (eau verte) . La quantité d'eau d'irrigation totale allouée aux superficies irriguées est de l'ordre de 3577 Mm^3, elle surpasse celle utisée par les culture de 18% qui représente un gaspillage en eau non négligeable. Selon les fiches technico-économiques (Annexe 15 et 16), le gaspillage de l'eau d'irrigation diffère d'une culture à l'autre. Il renseigne sur l'inefficience d'utilisation de l'eau d'irrigation par les producteurs.

L'eau virtuelle utilisée par la culture dépend de plusieurs facteurs tels que la nature et le mode conduite (irrigué ou en pluvial) de cette culture, des conditions climatiques et des autres facteurs de production. Elle diffère donc d'une culture à une autre. Pour la plupart des cultures maraichères, le volume d'eau virtuelle par kg de produit agricole est faible en restant inférieur à 0,5 m^3/kg. Il est plus élevé pour les cultures de piment et de melon que pour celle de la tomate et la pomme de terre (annexe 3). L'huile d'olive est classée comme le produit agricole le plus utilisateur d'eau (7 m^3/kg).

Pour les céréales, la consommation en eau est en moyenne de 1,5 m^3/kg. Cette valeur est essentiellement due au faible rendement des céréales cultivés en pluvial. Pour les cérales irrigués, elle est généralement inférieure à 1 m^3/kg dans le nord du pays.

Pour le blé dur en pluvial, les rendements observés, lors de l'enquête, chez 3 agriculteurs dans l'étage bioclimatique humide-subhumide (HSH) était de 47.6, 48 et 60 quintaux/ha. En irrigué, le rendement le plus élevé qui est de 60 quintaux/ha a été observé chez un agriculteur au Kef qui se trouve dans l'étage bioclimatique semi-aride supérieur (SAS). Il est à noter que ces chiffres n'apparaissent pas dans les fiches technico-économique des annexes 15 et 16 qui ne présentent que les valeurs moyennes.

En outre, dans l'étude effectuée par Rezgui et al. (200) [voir le fichier dans le lien: http://ressources.ciheam.org/om/pdf/a40/00600025.pdf] qui a consisté, entre autres, a mener des essais d'irrigation du blé dur entre 1996 et 1999 en apportant des volumes d'eau d'irrigations variant de 120 à 320 mm selon la zone en Tunisie, les rendements du blé dur en irrigué ont dépassé les 100 qx/ha dans certains endroits. Les valeurs moyennes de ces rendements étaient de 64 à 78 qx/ha selon la variété et les meilleurs correspondent aux variétés Khiar et Karim. Les services du ministère de l'agriculture chargés de la production végétale sont très conscients de ce potentiel et font beaucoup d'effort pour amener les agriculteurs des périmètres irrigués d'introduire les céréales dans les assolements. En effet Une stratégie du développement du secteur des céréales proposée par le ministère de l'agriculture en

2009 arrête parmi les objectifs spécifiques pour l'horizon 2016 d'irriguer 125 000 ha de céréales en 2014 et 130 000 ha en 2016. Malheureusement on est encore loin de cet objectif.

Ainsi, les valeurs indiqués ci-dessus nous ont permis de constater qu'il est possible d'obtenir des rendements supérieurs à 70 qx/ha pour le blé dur à haut rendement (variété Khiar et Karim) pratiqué en irrigué dans les zones HSH et en apportant des volumes d'eau ne dépassant pas 150 mm en moyenne.

Il est à signaler que les céréales sont des culture stratégiques pour le pays qui représente le pilier de l'alimentation des ménages tunisien. Il est possible d'augmenter les rendements des cultures céréalières en assurant les conditions nécessaires à la production (choisir les bonnes terres sous les meilleures conditions climatiques et en faisant recours, si nécessaire et possible, à l'irrigation). Cette mesure entrainera en conséquence une réduction de la consommation d'eau par kg de produit.

A part la culture de palmier dattier qui consomme entre 2,9 et 3,1 m^3 d'eau par kg, la quantité d'eau virtuelle des arbres fruitièrs autres que l'olivier, le pommier et l'amandier ne dépasse pas les 1,6 m^3/kg.

Une analyse qui intègre l'eau virtuelle dans une vision globale comprenant l'ensemble des ressources en eau (verte, bleue, grise et virtuelle) dans une perspective de développement durable et d'amélioration de la sécurité alimentaire a permit de constater qu'en ce qui concerne la part de l'eau virtuelle verte, elle est plus importante pour les céréales et les arbres fruitiers que pour les cultures maraichères, cela signifie que les céréales et arbres fruitiers consomment plus d'eau verte dans leurs cycle de croissance avec un pourcentage avoisinant les 70%, contrairement aux cultures maraichères où la part de l'eau virtuelle bleue représente environ les 70%. De ce fait, nous pouvons dire que les possibilités d'améliorer la valorisation de l'eau au niveau agro-économique reposent essentiellement sur une meilleure planification de l'utilisation des sols, pour une bonne gestion des ressources en eau limitées.

L'eau virtuelle et les flux physiques et financiers des produits alimentaires et agroalimentaires

Les flux physiques et financiers des produits alimentaires et agroalimentaires ont été détaillés dans l'annexe 13 du sixième rapport technique. A travers les échanges de produits agricoles, il y a eu toujours un flux d'eau virtuelle depuis des pays exportateurs de biens vers les pays qui importent ces mêmes biens. En ce qui concerne la Tunisie, la balance de l'eau virtuelle, est déficitaire où on note que les exportations ne couvrent pas les importations ce qui rend la Tunisie, un pays importateur net d'eau virtuelle. Cette situation d'importateur permet à la Tunisie d'atténuer les pressions sur ces propres ressources en eau et, par conséquent, les risques d'insécurité alimentaire.

Exportation d'eau virtuelle

A travers l'exportation des principaux produits agricoles en 2013 (151,5 mille tonnes d'huile d'olive, 108 mille tonnes des dattes, 22 mille tonnes d'agrumes, 2,4 mille tonnes de tomate fraiche et 17 mille tonnes de pastèque) qui a représenté une source importante de devise, la Tunisie a perdu environ 1,4 milliards de m^3 sous forme d'eau virtuelle exportée (tableau 1).

Tableau 1. Bilan des exportations des principaux produits agricoles de la Tunisie

Produit	EV utilisée (m^3/kg)	Quantité exportée (Tonnes)	EV exportée (milliom^3)
Huile d'olive	6,95	151 500	1 053,248
Dattes	3,08	108 000	332, 491
Agrumes	0,35	22 000	7,596
Tomate	0,10	2 390	2,390
Pastèque	0,12	17 126	1,980
Total			**1 397,704**

Même si la Tunisie dispose d'un potentiel important dans le commerce international des produits agricoles et agroalimentaires, ses possibilités de consolider sa position sur le marché restent conditionnées par ses capacités de satisfaire les exigences croissantes du marché européen en termes de norme de qualité. En outre, la rareté de ses ressources hydriques risque de réduire ses chances à profiter des opportunités offertes par le libre échange.
La Tunisie exporte environ 70% d'eau virtuelle verte via l'exportation de l'huile d'olive, par contre elle exporte presque 95% d'eau virtuelle bleue par l'exportation des dattes. Il s'agit d'une eau bleue exportée provenant de nappes fossiles précieuses dans une région particulièrement aride. Bien que les exportations de dattes constituent un des piliers de l'économie tunisienne, cependant, les conséquences environnementales peuvent être catastrophiques et irréversibles à long et à moyen termes.
En ce qui concerne l'oléiculture, elle restera une culture stratégique par excellence pour la Tunisie surtout qu'elle est à l'origine des exportations d'eau verte. Ainsi, encourager les cultures de l'olivier pluvial permettrait de sauvegarder des quantités importantes d'eau bleue et de mieux valoriser l'eau verte exportée.

Importation d'eau virtuelle
Les principaux produits stratégiques importés sont le blé dur, le blé tendre, l'orge, le maïs et la pomme de terre. On remarque que suite à l'importation de 3230 mille tonnes de céréales et de 15,7 mille tonnes de pomme de terre, la Tunisie a épargné 6,14 milliards de m^3 d'eau environ (Tableau 2).

Tableau 2. Bilan des importations des principaux produits agricoles de la Tunisie

Produit	EV utilisée (m^3/kg)	Quantité exportée (Tonnes)	EV exportée (milliom^3)
Blé dur	1,23	540000	666, 450
Blé tendre	1,34	1100000	1 479,197
Orge	1,68	790000	1 328,039
Mais	3,33	800000	2 664,000
Pomme de terre	0,22	15700	3,468
Total			**6 141,154**

La Tunisie a intérêt à exporter les produits agricoles à faible consommation d'eau et d'importer les produits agricoles fortement consommateurs comme le maïs afin d'améliorer l'efficience de l'utilisation de l'eau et par conséquence de mieux préserver les ressources en eau.
La Tunisie importe l'eau virtuelle essentielle par l'importation des céréales, plus précisément, le blé tendre et l'orge. Les résultats montrent que la Tunisie préserve ses ressources en eaux par l'importation des céréales.

Coûts d'opportunité et avantages comparatifs

Les principaux résultats relatifs à l'évaluation des coûts d'opportunité de l'eau et des facteurs «limitant» des cultures stratégiques par étage bioclimatique et par modèle d'exploitation ainsi que l'identification des produits agricoles qui représentent un avantage comparatif en matière de ressources hydrauliques en se basant sur le coût d'opportunité de l'eau et leur classification selon leurs niveaux de contribution à la sécurité alimentaire ont déjà été présentés dans l'annexe 12 du 6ème rapport technique. Dans ce travail, la valeur marginale de l'eau a été estimée en utilisant le logiciel STATA dans la modélisation économétrique de la fonction de production de type Cobb-Douglass. L'output de cette technique est la valeur de la production par hectare tandis que les inputs sont la quantité d'eau, les dépenses de fertilisation, de la main d'œuvre, de la mécanisation, etc.

Les résultats obtenus (annexe 12 du 6ème rapport technique) sont relativement complexes et montrent que la valeur marginale de l'eau d'irrigation pour les différentes cultures étudiées varie en fonction de l'étage bioclimatique et du modèle d'exploitation.

Moyennant l'usage du système d'information géographique (SIG), la valorisation de l''eau par les principales cultures pratiquées en Tunisie en fonction de l'étage bioclimatique a été représentée graphiquement (figure 1). On peut remarquer la présence de différentes cultures au niveau de l'étage bioclimatique humide subhumide. Parmi les grandes cultures, c'est le blé dur qui représente la culture la plus valorisante d'eau aussi bien en irrigué qu'en pluvial. En effet, comparé aux autres étages bioclimatiques, c'est là où cette culture valorise le mieux l'eau et où la marge brute peut atteindre ses meilleures moyennes d'environ 0,32 DT/m^3 en pluvial et 0,48 DT/m^3 en irrigué. Cependant, ces valeurs peuvent paraitre relativement faibles si on les compare à d'autres cultures qui valorisent mieux l'eau en général et l'eau d'irrigation en particulier telles que la tomate et la pomme de terre dont les marges brutes peuvent atteindre respectivement 0,70 DT/m^3 et 1,11 DT/m^3 en humide subhumide. Toutefois, ces cultures bien qu'elles présentent des marges brutes intéressantes en humide subhumide, elles valorisent mieux l'eau au niveau de certains autres étages bioclimatiques. Finalement, l'olivier qui reste l'une des cultures les plus stratégiques pour le pays, valorise faiblement l'eau verte (ou l'eau de pluie) au niveau de l'étage humide subhumide où la marge brute ne dépasse pas 0,25 DT/m^3.

En ce qui concerne le semi aride supérieur qui représente l'étage bioclimatique prédominant dans le nord du pays, on remarque que les cultures maraichères irriguées et particulièrement la tomate et la pomme de terre de saison valorisent le mieux l'eau d'irrigation. Les marges brutes peuvent atteindre respectivement 0,77 et 1,23 DT/m^3. Pour le cas du piment, même si cette culture pourrait mieux valoriser l'eau d'irrigation au niveau d'autres étages bioclimatiques, on voit qu'elle présente une marge brute moyenne intéressante de l'ordre de 0,43 DT/m^3 en Semi Aride Supérieur. Par contre pour le cas de l'olivier, on remarque que l'eau bleue (ou l'eau d'irrigation) est très peu valorisée par cette culture au niveau de cet étage (0,15 DT/m^3). Ce qui pourrait être interprété par un gaspillage de l'eau d'irrigation et des rendements relativement faibles. Pour le cas de l'olivier en pluvial, une légère amélioration est observée au niveau de la marge brute qui est de l'ordre de 0,25 DT/m^3.

Parmi les cultures les plus valorisantes de l'eau au niveau de l'étage semi aride inférieur, on trouve le piment avec une marge brute qui peut atteindre en moyenne 0,53 DT/m^3. La valorisation de l'eau d'irrigation par la culture de l'olivier est relativement meilleure qu'au niveau du semi aride supérieur, elle est de l'ordre de 0,38 DT/m^3. Pour le cas du blé dur, on remarque qu'aussi bien l'eau verte que l'eau bleue sont très faiblement valorisées puisqu'on enregistre les marges brutes moyennes les plus faibles au niveau de cet étage et qui sont respectivement 0,19 et 0,23 DT/m^3.

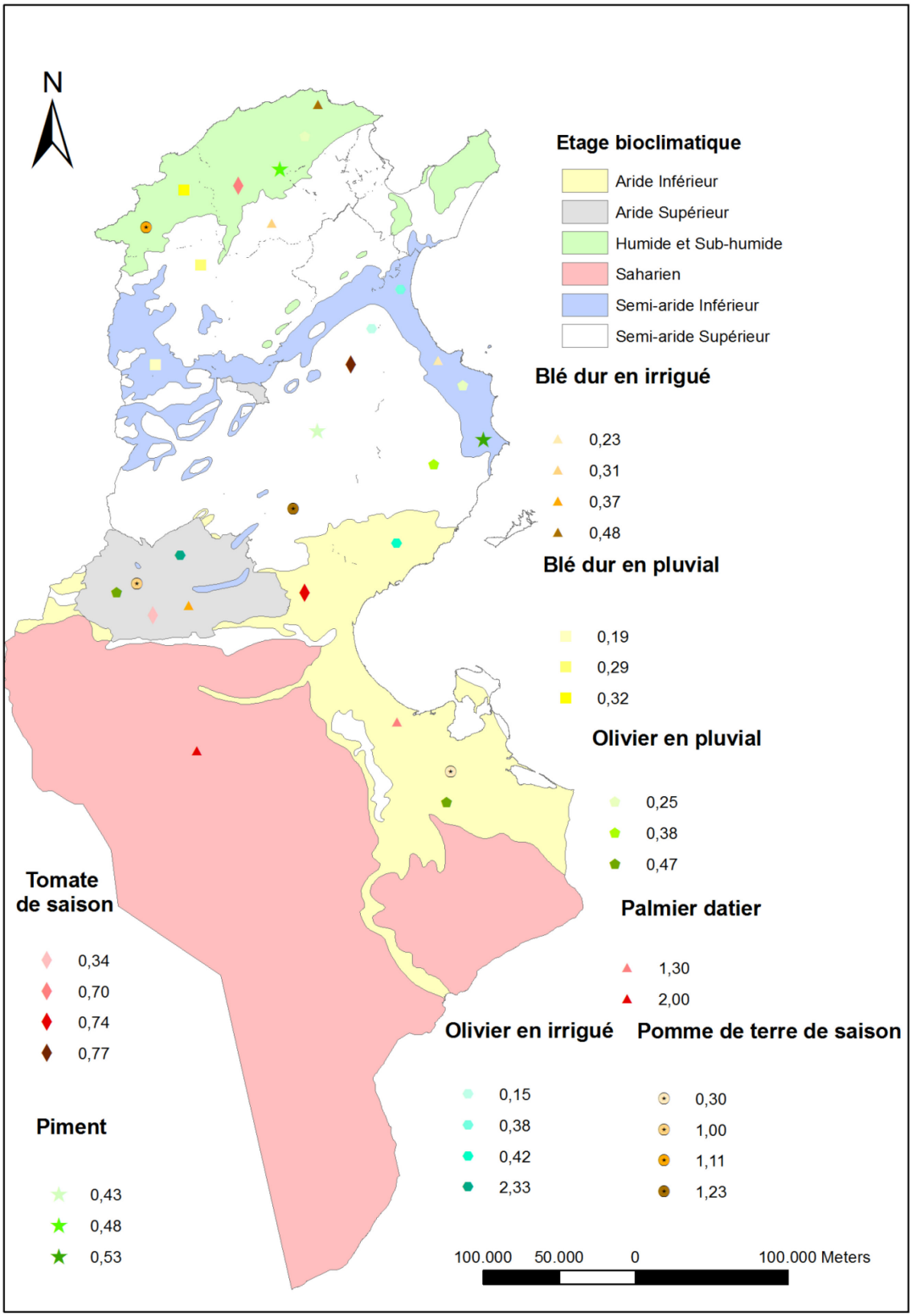

Figure 1: Valorisation de l'eau (DT/m3) par étage bioclimatique des principales cultures pratiquées en Tunisie.

Au niveau des étages bioclimatiques aride supérieur et aride inférieur qui règnent sur le centre et sur toute la côte sud du pays, on note que l'olivier, aussi bien en irrigué qu'en pluvial, est par excellence la culture la plus valorisante des ressources en eau qui se font de plus en plus rares dans ce type de climat. Le palmier dattier présente une marge brute qui valorise très bien l'eau d'irrigation par rapport aux autres cultures y compris l'olivier et qui atteint 1,3 DT/m^3. Cependant, cette valeur reste faible par rapport à la marge brute moyenne par m^3 réalisée par la même culture au niveau de l'étage bioclimatique saharien et qui atteint quasiment le double.

Il est important de rappeler que les cultures représentées sur la carte ne représentent pas la liste exhaustive des cultures valorisantes de l'eau au niveau du pays. Nous avons essayé d'inclure essentiellement les cultures les plus exportées par la Tunisie ainsi que les cultures stratégiques.

Finalement, bien que la diversité culturale s'impose afin de satisfaire les exigences socio-économiques et de préserver les ressources naturelles et la biodiversité environnementale, il s'avère très intéressant d'étudier l'éventuelle répartition de cultures en se basant sur la valorisation des ressources en eau par chacune de ces cultures.

Identification des systèmes de production qui accroîtront la productivité du m^3 d'eau d'irrigation et qui contribuent le plus à la sécurité alimentaire

- *Productivité de ' l'eau totale utilisée'*

L'étude de cette composante est cohérence avec les autres travaux en consolidant les résultats qui stipulent que pour les arbres fruitiers et en particulier la vigne et les agrumes, la productivité de l'eau est meilleure. Alors qu'il a été noté que l'eau n'est pas valorisée comme il faut quand elle est attribuée à la culture de palmier dattier surtout si on prend en considération sa provenance des nappes fossiles, dangereusement rabattues, du sud tunisien et qui risquent un épuisement total dans les prochaines années.

Quant aux cultures maraichères, la valeur la plus élevée est enregistrée par la pomme de terre et la tomate, cela signifie que l'eau attribuée à la culture de tomate garantira un gain aux agriculteurs et au même temps préservera la ressource en eau mieux que la culture de melon.

Concernant les céréales, le blé dur irrigué valorise mieux l'eau contrairement à l'orge.

En général, c'est l'arboriculture et le maraichage qui valorisent mieux la ressource en eau. Les résultats ont montré aussi que la région du cap-bon valorise mieux l'eau pour les cultures d'agrume et de pastèque. Quant à l'olivier, l'amandier et la pomme de terre valorisent davantage l'eau dans la région centre et sud est.

Par rapport aux autres régions, la région du Nord Ouest valorise plus l'eau pour les cultures du blé dur en irrigué et du piment.

- *Compétitivité des produits agricoles tunisiens : une analyse par étage bioclimatique, par modèle d'exploitation et par conduite*

La compétitivité des produits agricoles tunisiens a été étudiée en utilisant comme outil d'analyse, la matrice d'analyse des politiques. Une synthèse de la méthodologie et des résultats de cette étude est présentée dans **l'annexe 5** de ce rapport final.

La matrice d'analyse a été calculée par produit, par étage bioclimatique, par modèle d'exploitation et par conduite (en pluvial et en irrigué) étant donnée la grande diversité des exploitations et des régions agricoles. La matrice est construite sur le même principe que la formation d'un budget. On mesure d'un coté les produits, de 1'autre les coûts afin de calculer le profit. Les coûts sont décomposés en coûts d'intrants échangeables et coûts en ressources internes (terre, travail, eau et capital).

Les résultats obtenus soulignent que la Tunisie a généralement un avantage comparatif dans la production des fruits et du maraichage qui exigent plus de main d'œuvre, d'eau et du capital. Alors que le pays, à l'exception de l'étage bioclimatique humide-subhumide (HSH), n'a pas d'avantage dans la production des céréales en particulier en sec.

En effet, en sec le blé dur est compétitif uniquement sur l'étage bioclimatique HSH pour toutes les modèles d'exploitation. Toutefois, l'économie d'échelle pour cette production est non vérifiée sur les différentes states.

Les cultures maraîchères les plus compétitives sont la fraise, courgette, l'oignon et l'artichaut et la tomate avec toujours moins de compétitivité sur l'étage bioclimatique aride.

Estimation de l'empreinte eau du consommateur tunisien moyen

Les détailles de ce travail sont récapitulés dans l'annexe 1 de ce rapport. Les principales conclusions déduites à partir de cette étude sont les suivantes :

- L'alimentation tunisienne repose sur une forte consommation de céréales, essentiellement le blé dur dans le nord et l'orge dans le centre et le sud. Le blé tendre (pain de boulangerie), antérieurement réservé aux centres urbains, s'est introduit récemment de plus en plus dans les habitudes de consommation des ruraux ;
- La consommation des produits d'origine animale (viandes, volailles, produits laitiers et œufs) ainsi que celle des sucres, des huiles, des fruits et des légumes a sensiblement augmenté aussi bien dans les villes que dans le milieu rural ;
- Le régime alimentaire tunisien est dynamique, il connait des changements et des variations importantes au cours du temps mais aussi d'une région à une autre ;
- L'empreinte eau de consommation de la Tunisie provient essentiellement des produits d'origine agricole et agroalimentaire qui représentent environ 98% de la composition de cette empreinte ;
- L'empreinte eau de la Tunisie est relativement élevée (2217 m^3/hab/an) et elle est de plus en plus croissante au fil du temps. Une telle empreinte dans un pays menacé de pénurie d'eau est un signal alarmant si on la compare à la moyenne mondiale qui ne dépasse pas (1385 m^3/hab/an). Cette empreinte est principalement interne, c'est-à-dire que la Tunisie se retrouve en situation de fort épuisement pour ce qui est de ses ressources hydriques internes ;
- La mutation de la consommation des céréales en faveur des viandes a participé à l'augmentation de l'empreinte eau de consommation à l'échelle nationale ;
- L'impact du régime alimentaire des tunisiens, selon leur milieu d'habitat et leur situation économique, sur l'empreinte eau se marque bien à ce niveau.
- Le recoupement des résultats de l'estimation de l'empreinte eau avec les résultats obtenus du bilan hydrique et de l'étude des coups d'opportunité de l'eau justifient l'orientation stratégique proposée pour le développement des cultures céréalières en sec dans le nord et d'encourager la production et la consommation des fruits et des légumes dont l'empreinte eau est relativement réduites.
- Une étude plus approfondie de la filière animale et surtout celle des viandes rouges s'avère très importante vu l'importance de sa part dans l'empreinte eau du tunisien et son lien directe avec l'importation des céréales qui ne cesse de s'accroitre.

La place de la femme dans la gestion de l'eau et la sécurité alimentaire en Tunisie

Grace à la consultation « genre » qui a eu lieu, il a été possible de mieux cerner les difficultés de la bonne gestion des ressources en eau reliée au genre, à l'échelle des exploitations agricole (**annexe 12 et 13**). L'analyse des rôles respectifs des hommes et des femmes dans le fonctionnement des exploitations agricoles a dévoilé des chiffres importants. En effet, la contribution des femmes dans la production agricole n'est plus à prouver puisqu'il est bien établi qu'elles représentent environ 58% de la main

d'œuvre rurale. Les femmes assurent environ 38% du total des jours de travail agricole par an. Ce chiffre peut dépasser les 50% dans certaines régions. Souvent elles travaillent à titre d'aide familiale non rémunérée.
De plus, les femmes sont celles qui ont la plus grande responsabilité pour garantir la survie du groupe familial. Elles restent toutefois, handicapées par le manque d'accès aux moyens de financement puisqu'elles ne peuvent avoir de crédits bancaires, car elles ne disposent pas de garantie ou de titre de propriété en général.
Malgré ces handicapes, les femmes ne ménagent aucun effort pour nourrir le groupe familial, enfants et personnes âgées. Ainsi leur contribution à la sécurité alimentaire demeure essentielle pour la famille, pour la société rurale et pour l'ensemble du pays.
Les fiches technico-économiques établies dans le cadre du projet pourraient être utiles pour les deux sexes hommes et femmes quelque soit leur situation : chef d'exploitation, aide familial(e) ou ouvrier/ouvrière. Pour s'en rendre compte, il suffit d'analyser leur pertinence tout en intégrant l'approche genre, la sécurité alimentaire qui est la finalité du projet et la valorisation ou la gestion de l'eau ; deux indicateurs peuvent être déduits :

- *Importance de la charge de la main d'œuvre* : la charge de la main d'œuvre décroit selon une allure exponentielle négative ce qui montre que l'amélioration de la production par l'introduction de nouvelles variétés ou de nouveaux paquets techniques ne profite pas aux ouvriers et ouvrières qui constituent la principale force de travail. Ces fiches permettrait aux ouvriers et ouvrières de prendre conscience de leur contribution et donc peuvent mieux défendre leur droit.
- *Valorisation de l'eau par les différentes cultures* : un indicateur simple qui permet d'évaluer cette valorisation est la quantité d'eau consommé pour produire un kg (= Rendement en Kg/Volume d'eau consommé) ; il aide les agriculteurs (hommes et femmes) à élaborer leur stratégie de production en fonction de la disponibilité des ressources en eau.

Ces deux indicateurs faciles à déduire à partir des fiches permettrait également de mieux apprécier le rôle des hommes et des femmes dans la valorisation de l'eau et la sécurité alimentaire.

La gestion de l'eau dans les unités de transformation des produits agroalimentaires
Les résultats de ce travail sont détaillés dans l'annexe 4 de ce rapport final. Cette étude a permis de voir qu'en dépit de la dominance de l'agriculture en matière de consommation en eau, l'industrie agroalimentaire IAA est très exigeante en matière de qualité de l'eau utilisée et lui attribue différents emplois selon le procédé de transformation. En conséquence, la bonne gestion de l'eau devient un enjeu réel pour les entreprises agroalimentaires, surtout avec la rareté de cette ressource et l'accroissement de son prix.
Comme résultats, l'huile d'olive, avec une empreinte eau équivalente à 6,1 m^3/kg, contribue à hauteur de 62,47% dans l'équivalent-eau des exportations agroalimentaires tunisiennes. La part de l'oléiculture dans l'empreinte eau est dominante, elle est de 99,98%; celle de la trituration ne dépasse pas les 0,02% et revient essentiellement à la consommation d'eau au processus de trituration des olives. L'empreinte eau des dattes conditionnées est de 3,02 m^3/kg, la phoniciculture est le maillon dominant dans la structure de cette empreinte avec 99,95%. Le conditionnement des dattes n'est pas fortement consommateur d'eau et c'est l'opération de lavage des dattes qui exige de grandes quantités. L'équivalent-eau des quantités de dattes exportées annuellement représente 20,37% du total des volumes d'eau virtuelle sacrifiés. L'empreinte eau du vin tunisien est de 176 m^3/hl, la vinification explique à 83% cette valeur remarquable. C'est l'étape lavage de matériels et de cuves qui explique cette forte consommation d'eau. La part du vin dans les exportations d'eau virtuelle est négligeable vu les petites quantités exportées. Les empreintes eau du double concentré de tomate (DCT) et de la pâte à piment sont respectivement 0,62 et 0,93 m^3/kg, revenant essentiellement à la production agricole (à plus de 98%). La consommation durant

la transformation est expliquée essentiellement par le lavage de la matière première. Cette branche contribue à hauteur de 0,8% dans les exportations d'eau virtuelle.

Complément de synthèse et principales mesures proposées

Le concept de l'eau virtuelle peut être utile pour mieux comprendre comment le commerce international affecte les ressources en eau qui sont de plus en plus rares. Ainsi, il peut être considérer comme étant une opportunité pour réexaminer les pratiques agricoles, les politiques agricoles et plus précisément, les politiques commerciales agricoles.

Au niveau du comportement des producteurs, la compréhension et la prise en compte du nouveau concept (eau virtuelle) permettrait de mener une réflexion sur l'opportunité de réorientation des spéculations agricoles. Ainsi, l'eau libérée peut aussi servir à produire des denrées agricoles à haute valeur ajoutée destinées à l'exportation.

Au niveau du gouvernement, le prise en compte du concept de l'eau virtuelle rend légitime le fait d'encourager les culturales bénéficiant d'avantage comparatif et de décourager celles dont la valeur ajoutée ne parvient pas à couvrir les coûts réels de la ressource.

Ainsi, l'évaluation du bilan des flux d'eau virtuelle (exportation / importation d'eau virtuelle), nous donnera une idée claire sur la situation actuelle du pays. Nous avons pu conclure, à partir de l'examen de la balance d'eau virtuelle, que la Tunisie est un importateur net d'eau virtuelle. Le commerce de l'eau virtuelle représente donc une solution à explorer pour faire face à la crise de l'eau qui menace de plus en plus le pays.

Toutefois, il existe une divergence d'intérêt entre les producteurs qui visent la rentabilité financière et la collectivité qui cherche la rentabilité économique. Ainsi, dans leur choix d'activités agricoles les producteurs adoptent les cultures à haute marge brute alors que le gouvernement doit orienter ces derniers vers les activités les plus compétitives par rapport à l'étranger afin d'assurer une meilleure optimisation de la ressource en eau, le plein emploi et la croissance du secteur agricole en particulier et de l'économie nationale en générale.

Le choix des cultures qui valorisent mieux le mètre cube d'eau totale utilisée apportera donc un bénéfice à l'agriculteur (augmentation de la marge brute). À titre d'exemple, si un agriculteur choisi la production d'agrume en Semi Aride Inférieur à la place du blé dur, chaque mètre cube d'eau supplémentaire apportée lui permettra de gagner 4.5 dinars supplémentaire dans sa marge brute et garantira par conséquence une allocation efficiente de la ressource en eau.

Toutefois, certains produits ont une bonne valorisation de l'eau (bonne marge brute) alors qu'ils ne sont pas compétitifs mais qui sont essentiels à la sécurité alimentaire tels que la pomme de terre et les produits céréaliers ceci s'explique par la distorsion du prix engendrée par l'intervention de l'Etat. Comme conséquence, les produits les moins compétitifs ont une part dans la croissance de la valeur ajoutée agricole supérieur à leur part dans la production alors que c'est l'inverse pour les produits les plus compétitifs. L'interprétation de ce paradoxe est que la croissance agricole est tout simplement faussée par la prédominance parmi ses composants d'activités dont le coût en ressource intérieurs est plus élevé que le prix frontière. Cela entraîne autant de pertes pour l'économie du secteur mais aussi de l'économie nationale.

Ainsi, en plus de la composante de « la valorisation de l'eau » nous devons prendre en considération deux autres composantes pour une meilleure orientation du commerce d'eau virtuelle. Ce qui transforme le problème de décision ou de choix des activités agricoles en un problème de décision multicritère dont les critères sont les suivantes :

- La rentabilité financière (valorisation de l'eau);
- L'exigence en eau de la culture;
- La compétitivité du produit agricole.

Les estimations de ces paramètres font partie des résultats des travaux du projet "EVSAT-CAD" et sont récapitulées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3: Données relatives à l'utilisation de l'eau par les cultures étudiées

Cultures	Exigence en eau (m^3/kg)	Valorisation (DT/m^3)	Compétitivité
Blé dur en pluvial	1,39	0,29	Compétitif sauf en SAS Modèle d'exploitation
Blé dur en irrigué	1,29	0,30	Compétitif sauf en ARID Modèles d'exploitation 3 et 4
blé tendre en pluvial	1,19	0,28	Non compétitif
blé tendre en irrigué	1,79	0,21	Compétitif en SAS
orge en irrigué	1,63	0,24	Compétitif sauf en SAI modèle d'exploitation 2
Avoine en pluvial	2,55	0,17	Compétitif
Avoine en irrigué	2,66	0,23	Compétitif
Olivier en pluvial	1,60	0,30	Compétitif
Amandier en pluvial	3,88	0,52	Compétitif
Vigne de table en irrigué	0,16	3,19	Compétitif
Maltaise	0,32	0,80	Compétitif
Pommier	0,46	0,89	Compétitif
Pêcher	0,34	2,08	Compétitif
Grenadier	0,88	0,62	Compétitif
Poirier	0,29	0,84	Compétitif
Pomme de terre (s)	0,23	0,90	Non compétitif
Tomate (s)	0,10	0,66	Compétitif
Piment	0,39	0,49	Non compétitif
Pastèque	0,20	0,54	Compétitif
Melon	0,28	0,76	Compétitif
Oignon	0,10	1,83	Compétitif

La Tunisie est relativement bien pourvue en main d'œuvre, mais possède relativement peu de terres arables et de ressources en eau. Or, selon la théorie du commerce international les pays ont chacun des avantages comparatifs à produire des biens en utilisant intensivement les facteurs dont ils sont bien pourvus.

Conformément à la théorie, le tableau ci-dessus montre que la Tunisie détient un avantage comparatif dans la production de biens qui sont moins exigent en terre et en eau. Elle possède un avantage comparatif dans les cultures à plus forte intensité de main d'œuvre (fruits et légumes) et un désavantage dans les cultures à forte intensité de terres (céréales et pomme de terre,..). Cependant la compétitivité ou la non compétitivité des produits agricoles varie selon le type de conduite (en pluvial ou en irrigué), selon l'étage bioclimatique et le modèle d'exploitation. Généralement, en pluvial, les cultures du blé, d'avoine, le triticale, d'olivier et d'amandier sont compétitives. Le blé dur en irrigué n'est pas compétitif sur tous les étages bioclimatiques et les modèles d'exploitation à l'inverse l'orge et le blé tendre en irrigué sont compétitifs. Les cultures maraîchère en irrigué, à l'exception de celle de la pomme de terre et du piment, sont plus compétitives sur l'étage semi aride supérieur (SAS) et Semi aride inférieur (SAI). Ce dernier phénomène peut être expliqué par la précocité du produit sur ces zones et la proximité aux

zones de consommation des produits maraîchers. Par ailleurs, le modèle d'exploitation M3 (exploitation de taille moyenne) est généralement plus compétitif partout la où le produit est compétitif. Ce qui renseigne sur l'existence d'une taille optimale de l'exploitation agricole et par conséquent la nécessité d'une politique foncière adéquate évitant le morcellement des terres agricoles.

Toutefois, l'observation de l'occupation du sol à montré certaines contradictions par rapport à la théorie des avantages comparatifs. En effet, l'intervention de l'Etat sur les prix des produits agricoles (subvention) fausse ou écarte l'allocation des ressources productives de son optimum économique. De plus, le changement des orientations publiques d'une période à l'autre a engendré au niveau des producteur un manque de visibilité de leur avenir ce qui a découragé l'investissement privé et la croissance du secteur.

En effet, la Tunisie souffre de manque voire même absence de réflexion sur les orientations stratégiques pour le secteur agricole[1]. En effet, dans une première phase (de l'indépendance jusqu'au milieu des années 1980), les politiques agricoles avaient affiché un objectif d'autosuffisance alimentaire en utilisant d'importantes mesures de soutien à la production combinées à une subvention significative des prix à la consommation des denrées alimentaires de base. La forte intervention de l'Etat sur des fonds budgétaires a engendré l'endettement du pays.

C'est ainsi que le désengagement de l'Etat de l'économie associé au mouvement général de libéralisation des marchés, des politiques d'ajustement structurel, exigées par les bayeurs de fonds (FMI et BM) ont été instaurées en Tunisie comme dans d'autres pays en voie de développement. L'accent a été mis sur l'objectif de sécurité alimentaire, donnant aux mécanismes de marché un rôle croissant dans la satisfaction des besoins alimentaires de la population.

Toutefois, et face à la crise provoquée par la flambée des prix internationaux des produits alimentaires et des produits pétroliers en 2007/2008, la Tunisie a de retour privilégié la stratégie d'autosuffisance en particulier en produits stratégiques (céréales, lait, pomme de terre,…).

Ce choix a amélioré l'autosuffisance en termes de denrées de base mais, il a entrainé, en contrepartie, des distorsions et une redistribution non équitable des richesses.

C'est dans ce cadre que, les analyses économiques réalisées dans le cadre du projet, peuvent être d'un apport précieux à la fois pour l'évaluation des politiques et pour l'aide à la décision en matière d'ajustement de politiques au niveau macroéconomique ou d'optimisation des choix productifs au niveau microéconomique.

En termes d'implication politiques, la complémentarité entre les résultats obtenus par les différents travaux de recherche du projet, nous permettra de recommander un certain nombre de directives pour les autorités politiques en Tunisie.

L'analyse de la balance commerciale de l'eau virtuelle, produit par produit, a permis de tirer certains éléments de recommandations :

- En tant que quatrième producteur mondiale d'huile d'olive, la Tunisie a intérêt à continuer à exporter ce produit pour lequel elle a un avantage comparatif en pluvial. Cette recommandation est justifiée par le fait que cette culture, qui s'adapte à la plupart des régions de la Tunisie, valorise bien le m³ d'eau de pluie et par l'exportation de son produit (huile), elle permet d'améliorer la balance commerciale (les exportations d'huile d'olive forment 37% des exportations agricoles du pays) et la sécurité alimentaire. Le montant des exportations pourrait compenser celui des importations des produits dont la Tunisie n'a pas d'avantage compétitif mais aussi qui exigent d'importants volumes d'eau.

[1] Mohamed Elloumi 2014. http://www.kapitalis.com/tribune/23296-tribune-la-recherche-agricole-tunisienne-a-la-derive.html?device=xhtml.

- De point de vue économique, la Tunisie présente un avantage comparatif dans les dattes donc elle à intérêt à exporter les dattes. Mais d'un autre coté le palmier dattier, est une culture très exigeante en eau et ne valorise pas la ressource en eau. D'un point de vue environnemental, il sera préférable de réduire au maximum la production du palmier dattier et par conséquence son exportation. Mais malheureusement cette recommandation n'est pas légitime si nous tenons compte du coté social ; vu que ce secteur représente une source de vie pour plusieurs régions du pays. Il sera alors très urgent de résoudre le problème de l'eau dans les oasis surtout que cette eau utilisée dans l'irrigation n'est pas renouvelable.
- Pour les cultures d'agrume et de légumes (tomate, pastèque, melon, ail, courgette, fraise,…) la Tunisie a un avantage comparatif dans ces produits. En plus de l'avantage comparatif, ces cultures ne sont pas exigeantes et valorisent bien la ressource en eau. La Tunisie a intérêt donc d'augmenter l'exportation de ces cultures à travers la conquête de nouveaux marchés. Elle doit promouvoir ces produits d'exportations étant donnée la situation actuelle : faible diversification des produits exportés et des marchés de destination, quotas d'exportation octroyés à la Tunisie non remplis.
- Les céréales occupent une place très importante dans les importations agro-alimentaires tunisiennes. Bien que les céréales sont moins exigent en eau cultivés en grande partie (plus de 70%) en pluvial, la Tunisie n'a pas d'avantage comparatif dans la production des céréales qui exigent des grandes superficies (intensive en terre).
- le blé dur n'est pas compétitif que sur l'étage bioclimatique HSH en pluvial ou en irrigué alors que la culture du blé garantie aux producteurs une marge faible par rapport cultures maraîchères et à l'arboriculture. En fait, en pluvial les agriculteurs n'ont pas de choix réellement (conditions climatique, traditions, caractère familial des exploitations, autoconsommation, absentéisme, terres argileuses favorables seulement pour les céréales, …). En irrigué, c'est l'aversion au risque qui explique l'existence du blé en irrigué (prix de vente du blé administré et encourageant) en plus de la tarification préférentielle de l'eau d'irrigation pour les céréales (50% de réduction du montant de la facture d'eau d'irrigation des céréales). Cela signifie que la Tunisie pourrait se concentrer sur la production du blé en pluvial vu les aspects non économiques mentionnés plus haut et de développer et diversifier plus les produits de maraichage et d'arboriculture sur les périmètres irrigués.
- La culture de l'avoine en pluvial qui est compétitive mérité l'extension de sa superficie puisqu'elle n'utilise pas de l'eau mobilisée du pays d'une part et d'autre part, elle permet de réduire l'importation des aliments destinés aux animaux (Maïs et tourteau de soja). En effet, la Tunisie manque de ressources fourragères pour l'alimentation animalière (Ovin, Bovin,…) ces derniers temps et elle est directement dépendants d'autres pays producteurs et fournisseurs de matières premières fourragères.

Il faut encourager l'investissement privé par l'accès aux crédits et aux services d'assurance (réduire le risque) et la construction des infrastructures nécessaires en particulier dans les régions intérieures. D'autre part l'administration a un grand poids (Office des céréales comme monopole de la collecte et de la distribution, Institut des grandes cultures, INRAT, Stations de recherche Béja,…). A ce niveau le partenariat public privé pourrait être envisagé comme solution.

Par ailleurs, le gaspillage de l'eau d'irrigation qui représente en moyenne 18% du volume d'eau d'irrigation utilisé nécessite une atténuation en aidant les exploitants à la maitrise du pilotage des irrigations (accès aux données météo et estimation correcte des programmes d'arrosage), à la réhabilitation des réseaux de distribution de l'eau et à l'usage davantage des systèmes d'irrigation économe en eau (essentiellement l'irrigation localisée).

Ainsi, les politiques agricoles actuelles en Tunisie ont, en partie, contribués dans l'allocation inefficaces et inéquitables des ressources et des richesses et contribuent paradoxalement à accroître le chômage et les disparités régionales.

Mais, il est d'une grande importance de signaler que dans le nouveau contexte d'interdépendance des activités et des intérêts des différents agents économiques d'un pays, la sécurité alimentaire ne peut pas être obtenue uniquement à partir des politiques liées au secteur agricoles. La sécurité alimentaire doit être adressée sous les angles de la demande (taux d'urbanisation, revenu des consommateurs,…), de l'offre (productivité des facteurs, maitrise de la technologie,…), du marché (système de collecte, gestion des stocks,…) et de l'intervention du gouvernement (subvention,…), les aspects sociaux et environnementaux.

Le développement des capacités des parties prenantes dans la gestion et l'utilisation des ressources hydriques.

Finalement, le dernier objectif spécifique visé par le projet est le développement des capacités des parties prenantes dans la gestion et l'utilisation des ressources hydriques. Dans ce cadre :

- Dix (10) cessions de formation traitant des aspects en relation avec les thématiques du projet ont été assurées (tableau 4). La plupart d'elles ont été faites au profit des membres et partenaires du projet. Les bénéficières des autres formations sont des agriculteurs diffuseurs et du personnel des structures locales chargées de la vulgarisation ;
- Huit (8) manifestations scientifiques (journées scientifiques, ateliers et tables rondes, tableau 4) ont été assurées dans le cadre du projet et aux quelles ont participés l'équipe et les partenaires du projet, des enseignants et chercheurs, des décideurs politiques, des acteurs économiques du secteur public et privé et des représentants de la société civile. Elles ont permis à l'équipe du projet de communiquer et discuter les résultats de la recherche au fur et à mesure de l'avancement du projet.
- Des membres de l'équipe et des partenaires du projet ont participé à 12 manifestations internationales (séminaires, conférences, symposiums, forums, colloques, meeting) tenues en Tunisie (autres que celles organisées par le projet) et à l'étranger en présentant plus de 20 communications. Les discussions et les échanges des résultats et des idées faits lors de ces manifestations ont permis aux membres de l'équipe du projet d'enrichir leurs connaissances (Tableau 5).
- Plus de 40 réunions sur l'avancement des travaux du projet ont été tenues à l'ESA Mograne, aux lieux des cellules de gestion (CRDA de Nabeul, INRGREF, CRRGC à Béja, CRRA de Sidi Bouzid, CRRAO de Dgueche, Institut de l'Olivier à Sfax) et dans d'autres établissements (INAT, CRDA de l'Ariana, CRDA de Ben Arous, CRDA de Manouba, CRDA de Zaghouan, CRDA de Gabes, CRDA de Kebili, INGC Bousselem). Ces réunions ont pris part dans le renforcement des capacités des participants à travers l'échange des connaissances et des idées.
- Seize (16) jeunes sortants de l'ESA-Mograne ont été impliqués dans les travaux du projet en traitant des sujets, en relation avec les objectifs du projet, dans le cadre de la préparation de leurs projets de fin d'études d'ingénieur.
- Une plateforme électronique permettant l'échange des informations, des données et des résultats des travaux de recherche menés dans le cadre du projet a été crée.
- Deux thèses de doctorat sont à des stades d'élaboration bien avancés et elles seront soutenues à la fin de l'année 2015 ou au cours de l'année 2016. Le travail d'une autre thèse traitant un thème en relation avec le projet a démarré en septembre 2014 et se terminera vers la fin de 2017.

Tableau 4 : Liste des formations assurées dans le cadre du projet "EVSAT-CAD"

N°	Date	Thème de la formation	Lieu	Bénéficiaires
1	20-21 juillet 2015	Formation sur l'analyse univariée et multivariée avec SPSS,	Training & Business Center Partners, Tunis	Mme Emna Ouertani, membre de l'équipe du projet
2	22-23 juillet 2015	Formation sur l'analyse de données avec STATA	Training & Business Center Partners, Tunis	Mme Emna Ouertani, membre de l'équipe du projet
3	08/06/2015	Le suivi de gestion des exploitations agricoles pour une meilleure valorisation de l'eau	Maison de la Jeunesse à Korba	Les agriculteurs diffuseurs et le personnel des structures locales chargées de la vulgarisation
4	25/05/2015		Institut National des Grandes Cultures à Boussalem	
5	18/05/2015		Complexe de la Jeunesse et de la Culture à Sidi Bouzid	
6	25-30/05/2015	Ecole sur QGIS - ArcGIS–Latex	Ecole Normale Supérieure	Mme Yosra ISMAIL, doctorante et membre de l'équipe du projet
7	06-09/04/2015	Modélisation sectorielle	Ecole Supérieure d'Agriculture de Mograne	Mlle Mariem Makhlouf, doctorante et membre de l'équipe du projet
8	1-2/04/2014	Empreinte hydrique	Centre International des Technologies de l'Environnement de Tunis (CITET)	Membres de l'équipe du projet "EVSAT-CAD"
9	26-28/03/2014	Application du logiciel GAMS	Institut National Pédagogique et de Formation Continue Agricole (INPFCA) de Sidi Thabet	Membres de l'équipe du projet "EVSAT-CAD"
10	7-9/10/2013	Application du logiciel WEAP (Water Evaluation And Planning)	Institut National Pédagogique et de Formation Continue Agricole (INPFCA) de Sidi Thabet	Membres de l'équipe du projet "EVSAT-CAD"
11	2/05/2013	Estimation de l'eau virtuelle utilisée par la culture	Ecole Supérieure d'Agriculture de Mograne	Membres de l'équipe du projet "EVSAT-CAD"
12	27/08/2012	Journée de formation des ingénieurs contractuels et des doctorantes sur le suivi des exploitations agricoles et l'élaboration des fiches technico-économique	Ecole Supérieure d'Agriculture de Mograne	Membres de l'équipe du projet y compris les ingénieurs contractuels et les doctorantes

Tableau 5. Liste des manifestations scientifiques (journées scientifiques, ateliers et tables ronde) assurées dans le cadre du projet "EVSAT-CAD"

N°	Date	Thème de la formation	Lieu	Participants
1	06/05/2015	Atelier « Eau Virtuelle et Sécurité Alimentaire en Tunisie : situation et perspectives»	Hammamet (Hôtel Vincci Lella Baya)	Membres de l'équipe et partenaires du projet, enseignants chercheurs, représentants des établissements de développement agricole, étudiants
2	11/12/2014	Journée scientifique "Gestion durable des Ressources naturelles"- Organisée à l'occasion du centenaire de l'ESA Mograne	Hammamet (hôtel MAHARI)	Membres de l'équipe et partenaires du projet, enseignants chercheurs, représentants des établissements de développement agricole, étudiants
3	10-11/09/2014	Table ronde sur la validation des fiches technico-économiques moyennes par étage bioclimatique et moyennes nationales des principales cultures pratiquées en Tunisie	Hammamet (hôtel MAHARI)	Membres de l'équipe et partenaires du projet, enseignants chercheurs, représentants des établissements de développement agricole, étudiants
4	28-29/01/2014	Table ronde sur la validation des fiches technico-économiques des principales cultures pratiquées dans le nord de la Tunisie	Hammamet (hôtel Excel)	Membres de l'équipe et partenaires du projet, enseignants chercheurs, représentants des établissements de développement agricole, étudiants
5	24-25/12/2013	Table ronde sur la validation des fiches technico-économiques des principales cultures pratiquées dans le centre et le sud de la Tunisie	Hammamet (hôtel Excel)	Membres de l'équipe et partenaires du projet, enseignants chercheurs, représentants des établissements de développement agricole, étudiants
6	21/03/2013	Table ronde sur l'état d'avancement des travaux du projet	Ecole Supérieure d'Agriculture de Mograne	Membres de l'équipe du projet y compris les ingénieurs contractuels et les doctorantes, les représentants et collaborateurs des cellules de gestion, étudiants faisant leurs PFE dans le cadre du projet
7	29-11/2012	Méthodologie d'élaboration des fiches technico-économiques	Ecole Supérieure d'Agriculture de Mograne	Membres de l'équipe du projet y compris les ingénieurs contractuels et les doctorantes, les représentants et collaborateurs des cellules de gestion
8	14/06/2012	Journée de démarrage du projet « Eau Virtuelle et Sécurité Alimentaire : du Constat à l'Appui au Développement (EVSAT-CAD) »	Cité des Sciences, Tunis	Membres de l'équipe du projet, enseignants chercheurs, représentants des établissements de développement agricole, étudiants

5. Synthèse des résultats obtenus au regard des incidences attendues du programme ASA

La présente partie porte sur la mesure dans laquelle le projet et ses résultats contribuent aux incidences visées dans le cadre du programme ASA. On ne peut s'attendre à ce que tous les projets subventionnés contribuent à TOUTES ces incidences attendues.

Les 2 premières années écoulées ont été consacrées essentiellement à la collecte des données générales sur les ressources et le secteur agricole, au suivi des exploitations agricoles et à l'élaboration des fiches technico-économiques. Les formations des ingénieurs, les ateliers (tables rondes) et des tournées d'assistance ont permis à ces ingénieurs de mener convenablement leur travaux de collecte de données. L'élaboration d'une base de données et la validation des données collectées sont achevées. La 3ème année du projet a été consacrée à la finalisation des données collectées et à la réalisation des travaux de recherche en relation avec le thème de ce projet. Les derniers six mois ont été consacrés à la finalisation des travaux d'analyses du projet. Les réponses aux questions de cette section sont données ci-après en tenant compte de l'avancement des travaux du projet.

1. **Nouveaux systèmes de production et nouvelles technologies et pratiques agricoles.** Comment le projet donne-t-il lieu à des systèmes de production et à des technologies et pratiques agricoles nouveaux et améliorés qui stimulent la production alimentaire ?

Les résultats de ce projet permettent essentiellement de réviser les systèmes culturaux de façon à atténuer les pressions exercées sur les ressources en eau de la Tunisie qui sont utilisées principalement dans le secteur agricole (avec un taux de 80% environ) en tenant des besoins de ce pays en sécurité alimentaire.

Une étude réalisée (Benalaya et al., 2013) pour le cas des exploitation agricoles de la région de Nadhour en Tunisie a permis de montrer qu'il est possible de modifier le système cultural par un changement adéquat des combinaisons des cultures communément pratiquées en réduisant les volumes d'eau d'irrigation et en améliorant le marge brute de ces exploitations. L'étude a montré qu'un choix adéquat d'une combinaison de culture peut permettre une réduction du volume d'eau utilisé jusqu'à 30% sans réduire la marge brute globale de l'exploitation.

La détermination du bilan hydrique en Tunisie a montré que la superficie totale des terres cultivées est de l'ordre de 2,44 Millions d'ha. L'eau bleue totale utilisée par les cultures est de l'ordre de 2830 Millions de m^3 ce qui présente les 31,9% de l'eau virtuelle utilisée par ces cultures. La quantité d'eau d'irrigation totale calculée est de l'ordre de 3577 Millions de m^3 avec un pourcentage de gaspillage de l'ordre de 18%. L'eau virtuelle par kg de produit agricole est faible pour les cultures maraichères qui ne dépasse pas les 0,5 m^3/kg, ces cultures s'avèrent rentables pour un pays comme la Tunisie qui est pauvre en matière de ressources hydriques. Les résultats obtenus montrent que parmi les produits étudiés, l'huile d'olive est le plus consommateur en eau par kilogramme (7 m^3/kg), mais cet eau provient essentiellement de la pluie. L'eau d'irrigation reste rarement appliquée à cette culture (oléiculture). En ce qui concerne les cultures primaires, les céréales occupent la première classe en termes d'exigence en eau avec une moyenne de 1,5 m^3/kg. A part la culture de palmier dattier qui consomme 3,1 m^3 d'eau par kg, la quantité d'eau virtuelle des arbres fruitiers autres que l'olivier, le pommier et l'amandier ne dépasse pas les 1,6 m^3/kg.

Le gaspillage en eau d'irrigation et le déficit hydrique par culture et par région ont été estimés en se basant sur les données d'enquêtes. Les résultats ont montré la présence du gaspillage d'eau d'irrigation non négligeable (18% de l'eau utilisée pour l'irrigation est gaspillée) surtout au niveau des cultures maraichères et de l'arboriculture fruitière. Ainsi, une bonne maîtrise du paquet cultural peut assurer une économie d'eau et une amélioration de la production agricole (Ben Abdallah et al., 2013 ; Stambouli et al., 2013 et Stambouli et al., 2014).

La méthodologie suivie dans notre projet (cout d'opportunité) nous permettra de comparer le coût d'opportunité de l'eau avec la vraie valeur économique de l'eau (utilisée pour irriguer d'autres cultures, ou dans d'autres secteurs économiques). Lorsque cette étude est faite à l'échelle d'un système de production, elle permet de montrer les cultures qui valorisent le moins l'eau et celles qui le valorisent le plus. Des recommandations pour des ajustements des systèmes de production et pour encourager certaines cultures valorisantes de l'eau peuvent alors être faites.
En effet, cette méthodologie convient toujours à notre projet (Frija et al, 2013). L'estimation du coût d'opportunité de l'eau utilisée dans les principales cultures en Tunisie est en effet parmi les objectifs de notre travail. Cette estimation nous permettra de savoir à quel niveau (monétaire) l'eau d'irrigation est elle valorisée par ces culture. Une comparaison de cette valeur avec la vraie valeur économique de l'eau (utilisée pour irriguer d'autres cultures, ou dans d'autres secteurs économiques) démontre si l'utilisation de l'eau pour irriguer est efficiente ou pas. Nous avons particulièrement commencé par les cultures des céréales dans le semi aride Tunisien (exemple: Chebil et al., 2013). L'objectif étant d'identifier la valeur marginale (coût d'opportunité) de l'eau utilisé pour cette culture. Cette méthodologie est basée sur l'estimation des fonctions de production économiques (Chebil et al., 2012).

2. **Diversité alimentaire et nutrition.** De quelle façon le projet contribue-t-il à la diversité et à l'équilibre alimentaire, notamment chez les femmes et les enfants ?
3. **Engagement des chercheurs canadiens auprès des organismes de chercheurs du Sud (projets subventionnés par le FCRSAI uniquement).** Utilise-t-on davantage les connaissances et les ressources canadiennes pour résoudre les problèmes reliés à la productivité agricole écologiquement viable et à la nutrition dans des pays en développement ?
4. **Groupes de recherche.** Comment le projet contribue-t-il à former des groupes de recherche plus dynamiques et qui œuvrent à l'amélioration des politiques et de la prise de décision en matière de sécurité alimentaire ?

Par la formation de groupes de recherche au sein de l'ESA Mograne et la collaboration avec les chercheurs et ingénieurs de développement appartenant à d'autres établissements de recherche et de développement (CRRGC de Béja, CRRA de Sidi Bouzid, CRRAO de Dégache, l'IO de Sfax et les CRDA de Nabeul, Ariana et Béja, INERGREF). Des journées de formation sur la méthodologie de suivi des exploitations agricoles, l'estimation de l'eau virtuelle (Benalaya et Stambouli, 2013), l'utilisation d'outils d'aide à la décision (logiciel WEAP sans et avec l'interface MODFLOW; logiciel GAMS) ont été réalisée au profit des intervenants dans le projet (membres de l'équipe, partenaires, ingénieurs contractuels et étudiants). La participation aux ateliers (tables rondes) concernant l'évaluation des fiches technico-économiques ont permis aux participants (membres de l'équipe du projet, partenaires et invités) à enrichir leurs connaissances sur cet aspect. Ces connaissances acquises ont permis aux participants de mener à bien par la suite leurs travaux dans le cadre projet.
Le projet contribue au développement des capacités dans le domaine. L'implication de quatre jeunes chercheurs et de cinq doctorantes qui travaille sur le thème constitue une contribution de taille du projet.

5. **Distribution alimentaire.** Comment le projet contribue-t-il à un accès plus équitable à la nourriture en vue d'assurer la sécurité alimentaire ?
6. **Transformation et stockage des aliments.** Comment le projet contribue-t-il à améliorer les procédés de transformation et de stockage des aliments en vue d'assurer la sécurité alimentaire ?

La nouvelle action de recherche-développement ciblant les unités de transformation et de stockage des aliments a touché les branches à forte contribution aux exportations nationales, à savoir les vins, l'huile d'olive, des dattes, la tomate concertée et la harissa.

L'enquête s'est déroulée entre les mois de juillet 2014 et janvier 2015; et le dépouillement des données collectées est en cours. Au cours de l'enquête, les industriels ont été amenés à prendre conscience de la notion "eau virtuelle" tout en les incitants à économiser de l'eau lors du processus de transformation.
Les résultats de cette action ont permis :

- *D'évaluer le degré d'assimilation de la notion « eau virtuelle »*
- *D'identifier les principaux problèmes de gestion des eaux*
- *D'évaluer l'eau virtuelle des différents produits agroalimentaires transformés et/ou stockés ainsi que la contribution de ces unités de transformations ou d'entreposage dans les flux d'eau virtuelle exportée et leur impact sur la sécurité alimentaire.*

Ces résultats concernant le degré de valorisation de l'eau au niveau de l'industrie agroalimentaire et au niveau des unités de stockage sont complémentaires aux résultats de ce projet en matière de systèmes culturaux. L'ensemble constitue une aide à la décision pour gérer efficacement les ressources en eau en Tunisie.

7. **Réduction des risques.** Comment le projet contribue-t-il à atténuer les risques en vue d'assurer la sécurité alimentaire ?

Dans le cadre de ce travail, à travers l'analyse de « l'empreinte eau de consommation » des principaux produits alimentaires, nous avons pu estimer l'empreinte eau de la consommation alimentaire du tunisien moyen et constater qu'elle a augmenté considérablement (environ de 900l/j/hab.) dans un intervalle de 30 ans. Une partie fondamentalement de cette empreinte est constituée par la contribution des céréales. Cependant, la diminution des quantités de céréales consommées au fil des années, en faveur de la consommation des produits d'origine animale, est la cause principale de l'augmentation de l'empreinte eau surtout en milieu urbain. Cette augmentation progressive de l'empreinte eau de consommation alimentaire constitue un signal d'alerte et nous invite à envisager des moyens efficaces pour sa maîtrise. Surtout si en prend en considération la part importée de cette empreinte en eau (Souissi et al., 2014, 2015).

8. **Accès aux ressources.** Comment le projet contribue-t-il à améliorer l'accès aux ressources pour assurer la production alimentaire et la sécurité alimentaire ? Par exemple, régimes fonciers, vulgarisation et crédit, accès aux marchés.

9. **Production de revenus.** Comment le projet contribue-t-il à améliorer la capacité des populations vulnérables et pauvres d'acheter des aliments de meilleure qualité et en plus grande quantité, en particulier au profit des femmes et des enfants ?

L'utilisation d'outils mathématiques comme les modèles de maximisation de la marge brute des exploitations sous des contraintes de limitation des ressources (eau, main d'œuvre, terre) a montré qu'il est possible d'augmenter les revenus des exploitants (Benalaya et al., 2013). Ce qui entrainera en conséquence à améliorer leur niveau de vie.

Une étude réalisée par Souissi et al. (2013) a montré que la Tunisie économise actuellement 960 L d'eau virtuelle pour chaque kg de blé tendre qu'elle importe au lieu de le produire dans une zone du semi aride inférieur à Zaghouan. Cette valeur peut atteindre les 1330 L/Kg de blé tendre. Les résultats de cette étude montrent aussi que la valeur de l'eau virtuelle pour la production d'huile d'olive est plus haute au Centre et au Sud de du pays que dans le Nord vu la rareté des ressources hydriques dans ces zones. L'eau virtuelle exportée par kilogramme d'olive s'élève à 2100 L. Ce résultat est utile pour formuler la politique de la gestion de l'eau et d'améliorer ainsi les conditions de vie des ménages surtout aux régions où l'eau est une ressource rare. Une autre étude réalisée par Boughattas et al. (2014) dans la région du Centre Est de la Tunisie, a montrée que la quantité d'eau virtuelle utilisée varie, selon la

culture, de 1,27 m^3/kg pour l'olive conduit en irrigué à 0,076 m^3/kg pour la culture d'oignon. L'arboriculture fruitière (Vigne de table, Agrumes et Pomme) est l'activité la plus génératrice de revenu pour les agriculteurs de la région en comparaison avec les cultures maraichères et la céréaliculture.
A cet effet, l'intégration du concept de l'eau virtuelle au niveau du choix des systèmes de production et des politiques influant l'usage de l'eau, est très utile pour économiser plus cette ressource rare et pour soutenir les agriculteurs dans leurs activités de production et le maintien de la durabilité des exploitations agricoles.

10. **Possibilités d'action.** Quelle influence le projet a-t-il sur le développement et la mise en œuvre de politiques de sécurité alimentaire ?

À travers la collaboration avec le ministère de l'agriculture ainsi que ses différents organismes concernés par la gestion de ressources en eau et de la production agricoles, l'impact de l'eau virtuelle sur la sécurité alimentaire semble de plus en plus élucidé pour les différents intervenants. La participations des décideurs dans les différentes réunions et ateliers du projet EVSAT-CAD, a permis de partager les résultats du projet et a fait en sorte que des indicateurs innovateurs et pertinents de la sécurité alimentaire et de la sécurité en eau (flux d'eau virtuelle, empreinte eau, coûts d'opportunité de l'eau d'irrigation, etc.) seront éventuellement pris en considération dans les nouvelles stratégies de sécurité alimentaire notamment à l'échelle des zones rurales.
Toutes les personnes avec qui nous avons discuté (responsables de développement et de recherche, chercheurs, enseignants, ingénieurs et étudiants) sont conscientes des problèmes de déficit en eau et d'insécurité alimentaire et estiment qu'il est nécessaire de trouver des solutions à ces problèmes. Ils considèrent que le thème du projet est très important et cela signifie que les résultats de ce projet trouveront facilement leur acceptation par les responsables de développement et les politiciens.
Les résultats ont montré qu'il il y eu toujours un flux d'eau virtuelle depuis des pays exportateurs de biens vers les pays qui importent ces biens. Les principaux produits exportés par la Tunisie sont comme suit : Huile d'olive, dattes, agrumes, tomate fraiche et pastèque. En 2013, par l'exportation de 151,5 mille tonnes d'huile d'olive, 108 mille tonnes des dattes, 22 mille tonnes d'agrumes, 2,4 mille tonnes de tomates et 17 mille tonnes de pastèque source importante de devise, la Tunisie a perdu respectivement 1398 Millions m^3 sous forme d'eau virtuelle exportée. Suite à l'importation de 3230 mille tonnes de céréales étudiées et de 15,7 mille tonnes de pomme de terre, la Tunisie épargne 6141 Million de m^3 de la ressource en eau. Selon les théories du commerce international, afin d'assurer une bonne sécurité alimentaire, la Tunisie a intérêt d'exporter les produits agricoles à faible consommation en eau d'irrigation comme le vin et l'huile d'olive et d'importer les produits agricoles à forte utilisation d'eau comme le Mais par exemple afin d'améliorer l'efficience de l'utilisation de l'eau et par conséquence préserver la ressource en eau.
Les recueils des fiches technico-économiques observées des principales cultures pratiquées en Tunisie (tome 1 et Tome 2) qui ont été préparés dans le cadre du projet EVSAT-CAD ont déjà porté une influence au niveau du Ministère de l'Agriculture. En effet, les responsables de ce Ministère se sont engagé à établir un référentiel de fiches technico-économiques en se basant sur celles élaborées dans le cadre du projet. Pour cet objectif, plusieurs réunions se sont organisées à la Direction Générale de la Production Agricole (Ministère de l'agriculture) et aux quelles ont participé des membres de l'équipe du projet.

11. **TIC.** L'utilisation des technologies de l'information et de la communication (TIC) a-t-elle facilité l'accès à l'information et renforcé la sécurité alimentaire chez les personnes les plus vulnérables ?

Comme le réseau social Facebook qui a joué un rôle important dans le déclenchement de la révolution en Tunisie, la plate forme électronique pourra servir à communiquer les informations relatives à l'amélioration de la sécurité alimentaire.
Une plateforme électronique (site web) a été déjà crée pour faciliter l'accès aux informations du projet. Elle comporte essentiellement des renseignements sur les activités de recherche du projet et des résultats (produits scientifiques).

12. **Sexospécificités.** Comment les besoins particuliers des femmes sont-ils pris en compte dans la conception de la recherche ? Comment le projet favorise-t-il la participation des femmes aux travaux ? Comment entrevoit-on l'impact possible de la recherche sur les femmes ?

La consultation sur « la place de la femme dans la gestion de l'eau et la sécurité alimentaire en Tunisie » a affirmé que :

- *Les régions rurales de la Tunisie et surtout les femmes, sont les plus touchées par l'analphabétisme et le chômage ; ce qui représente un handicap au développement agricole et à la sécurité alimentaire*
- *L'essentiel des travaux agricoles et de l'élevage sont effectués par la main d'œuvre familiale non rémunéré, principalement les femmes.*
- *Le salaire des ouvrières agricole représente près de la moitié (50 à 60%) de salaire des ouvriers agricoles.*
- *Les femmes souffrent de manière particulière d'un grand déficit au niveau de l'accès (accès et contrôle) à la terre, aux ressources, aux services et à la technologie, ce qui influe sur l'inégalité dans la répartition des ressources. Ces inégalités de genre freinent la productivité agricole et la croissance du secteur à cause du manque de rentabilisation des pleines capacités productives des femmes dans la division des tâches actuelles.*
- *Les femmes contribuent de manière importante aux travaux agricoles. Ces travaux non rémunérés restent invisibles non reconnus ni comptabilisées et représentent une source de sous estimation de la valeur ajoutée agricole et agroalimentaire.*
- *L'exclusion des femmes rurales du champ de la prise de décision conduit à des chances inégales entre les hommes et les femmes dans la participation au développement et dans la répartition des fruits de la croissance du secteur. Ce qui représente un obstacle devant tout développement durable et gestion rationnelle des ressources et porte ainsi préjudice à la sécurité alimentaire.*
- *Les femmes et souvent les femmes marginales participent le plus aux travaux agricoles, leurs filles sont souvent retirées de manière prématurées de l'école pour les aider, ou par conservatisme. Les opérations agricoles qui leurs sont réservées sont pénibles ni mécanisées ni modernisées ni mécanisées.*

Les résultats du projet « EVSAT » présentent plusieurs intérêts et peuvent impacter positivement le genre :

- *Les fiches technico –économiques donnent la relation entre le travail et la production agricole ce qui permettrait de mieux apprécier le rôle surtout des femmes dans la production agricole, rôle qui était souvent invisible ; en effet, à partir de ces fiches, il est possible d'exprimer le travail en son équivalent de production agricole et d'estimer la contribution de chacun, homme et femme, dans cette production ;*
- *Ces fiches établissent les bases de rationalisation de l'utilisation de l'eau agricole et permettraient aux femmes rurales de mieux en tirer profit vu leur rôle dans cette utilisation ; par suite, les implications du projet en termes de sécurité alimentaire et de préservation des ressources en eau, passent forcément par le renforcement des capacités des femmes rurales ;*

- *La rationalisation de l'utilisation de l'eau aura un impact important sur l'implication et la participation des femmes aux différentes structures professionnelles agricoles et à la prise de décision.*
- *Les implications du projet en termes de sécurité alimentaire et de préservation des ressources en eau, passent forcément par le renforcement des capacités des femmes rurales.*
- *La maximisation de la marge brute par PMP, entraîne l'allégement de l'emploi du temps et de la pénibilité du travail agricole des femmes rurales sur l'exploitation familiale ainsi que l'amélioration de leurs revenus.*

13. **Environnement.** Quelle incidence le projet a-t-il sur le milieu ? Les contributions sont-elles écologiquement viable ? Comment entrevoit-on les répercussions et retombées possibles sur l'environnement des applications qu'on est en voie d'élaborer ?

L'application des résultats de ce projet permettra essentiellement de réduire la pression sur les ressources en eau disponible et en conséquence d'atténuer la dégradation de la qualité de l'eau causée par :

- l'intrusion des sels engendrée par la surexploitation des nappes souterraines côtières;
- les rejets des eaux usées non traitées;
- la pollution diffuse due à l'application des engrais ou des produits de traitement.
- le choix d´un mauvais système d´irrigation (mauvais drainage parfois).

La contribution du projet à la protection des ressources en eau et les retombées environnementales de ses interventions prennent plusieurs formes.
A travers l'établissement des bilans hydriques, le projet a permis d'identifier les cultures à haute valeur ajoutée quant à leur contribution à la préservation des ressources hydriques à l'échelle de chaque étage bioclimatique et à l'échelle nationale.

Le gaspillage de l'eau d'irrigation qui diffère d'une culture à l'autre représente au moyenne 18% du volume total de l'eau d'irrigation utilisé. Il renseigne sur l'inefficience d'utilisation de l'eau d'irrigation par les producteurs. D'où la nécessité d'une estimation correcte des programme de pilotage de l'irrigation. Frija et al (2014) ont montré à travers leur étude qui vise à estimer la productivité de l'eau et la valeur marginale de l'irrigation du blé dur dans le centre de la Tunisie, que 31,7% des agriculteurs appliquaient des volumes d'eau au-dessus du volume économique optimal. En outre, 50% des agriculteurs apportaient moins que les volumes optimaux d'eaux. Dans le premier cas il y a un énorme gaspillage d'eau et dans le deuxième, la productivité de l'eau est fortement altéré vu le rendement potentiel que l'agriculture est entrain de perdre. L'étude montre également que la plupart des agriculteurs de la zone d'étude ne sont pas adeptes des bonnes pratiques en matière de planification des irrigations. L'amélioration des performances de l'irrigation ainsi que la bonne répartition des cultures aidera largement à préserver les ressources en eau et sol.

L'évaluation du bilan des flux d'eau virtuelle (exportation / importation d'eau virtuelle), nous donnera une idée claire sur la situation actuelle du pays. Nous avons pu conclure, à partir de l'examen de la balance d'eau virtuelle, que la Tunisie est un importateur net d'eau virtuelle. Le commerce de l'eau virtuelle représente donc une solution à explorer pour faire face à la crise de l'eau qui menace de plus en plus le pays.
Le choix des cultures qui valorisent mieux le mètre cube d'eau totale utilisée apportera donc un bénéfice à l'agriculteur (augmentation de la marge brute) et assurera en conséquence une allocation efficiente de la ressource en eau.

L'olivier qui s'adapte à la plupart des régions de la Tunisie valorise bien le m³ d'eau de pluie et, par l'exportation de son produit (huile), elle permet d'améliorer la balance commerciale et la sécurité alimentaire. Le montant des exportations pourrait compenser celui des importations des produits dont la Tunisie n'a pas d'avantage compétitif mais aussi qui exigent d'importants volumes d'eau.

La culture du palmier dattier présente aussi pour la Tunisie un avantage comparatif. Mais cette culture est très exigeante en eau et ne valorise pas la ressource en eau. D'un point de vue environnemental, il sera préférable de réduire son étendue pour alléger sa pression sur les ressources en eau non renouvelable. Mais malheureusement cette recommandation n'est pas légitime si nous tenons compte du coté social ; vu que ce secteur représente une source de vie pour plusieurs régions du pays. Il sera alors très urgent de résoudre le problème de l'eau dans les oasis surtout que cette eau utilisée dans l'irrigation n'est pas renouvelable.

A travers, l'enquête réalisée au niveau des unités de transformation des produits agroalimentaires, l'équipe du projet a bien étudié la gestion des ressources en eau au niveau de ces unités et leur contribution dans les flux d'eau virtuelle soulignant ainsi l'impact environnemental de l'industrie agroalimentaire en Tunisie. Un nombre non négligeable d'unités de transformation rejettent, en plus des déchets solides, de l'eau usée à l'état brut. La contribution directe du projet à la protection de l'environnement contre ce genre de pollution figure dans l'étude de Ben Amor et al. (2013) qui a concerné le traitement des eaux usées avant leur rejet dans le milieu naturel.

6. Problèmes et défis

Comme pour tout projet, il est souvent inévitable de faire face à des problèmes ou des imprévus. Le vrai défi serait alors de pouvoir les surpasser ou de les contourner afin de réaliser les objectifs fixés et achever convenablement le travail demandé. Tout au long des différentes étapes du projet il y a eu quelques difficultés à commencer par les pertes de temps causées par le retardement des signatures des documents administratifs relatifs à la gestion du budget (convention CNEA-ESA Mograne) et à la gestion de l'utilisation de la voiture du projet (protocole d'accord entre l'équipe de recherche-Directeur de l'ESA Mograne). Ces difficultés administratives ont été surmontées suite aux interventions des représentants du CRDI.

Durant les étapes suivantes il y a eu également quelques retards reliés aux visites de suivi des exploitations agricoles et aux déplacements. De grands efforts d'organisation et de coordination entre les cellules de gestion du Grand Tunis, Zaghouan, Nabeul et Béja, ont été déployés pour assurer le bon déroulement et l'efficacité des visites de suivi. La voiture du projet a utilisée pour assurer tous les déplacements relatifs au suivi des exploitations agricoles dans les régions de Zaghouan et du Grand Tunis (Gouvernorats de Tunis, Ariana, BenArous et Manouba) et en partie ceux des régions de Nabeul et du Nord-Ouest de la Tunisie (Gouvernorats de Béja, Bizerte, Kef, Jendouba et Siliana). Le Centre Régional des Recherches Agricoles de Sidi Bouzid (CRRA Sidi Bouzid), ainsi que le Centre Régional de Recherche en Agriculture Oasienne de Dgueche (CRRAO Dgueche) ont été aidé en matière de carburant pour assurer les déplacements des ingénieurs contractuels qu'ils abritent.

Un autre défi au quel l'équipe du projet a fait face était le retard de la publication des résultats de l'enquête nationale sur le budget et la consommation des ménages réalisées par l'Institut National de la Statistique (INS) en 2010. Il a fallut presque une année de retard pour avoir accès à ces données qui ont considérablement servi pour ce projet.

Durant la deuxième année du projet, il a été constaté que les travaux au niveau de la cellule installée au CRRAO Dgueche n'ont bien avancé. Ce qui a impliqué la rupture du contrat de l'ingénieur contractuel de cette cellule qui n'a réalisé qu'environ 40 pourcent du travail demandé à ce stade. Le restant du travail a été assuré par la suite en partie par son superviseur, chercheur au sein du CRRAO Dgueche, en fournissant environ 40 pourcent des fiches et en seconde partie par l'ingénieur contractuel de la cellule de gestion à l'Institut de l'Olivier de Sfax (IO Sfax), en se chargeant du suivi des exploitations agricoles dans la région de Gabes. Le contrat de dernier a été donc prolongé d'un mois pour la réalisation de cette nouvelle tache qui a été affectée auparavant à celui de la cellule du CRRAO Dgueche. L'équipe de l'IO de Sfax a été également aidé avec du carburant pour assurer ces déplacements supplémentaires.

Les retards enregistrés durant les étapes précédentes du projet ainsi que les difficultés rencontrés afin de pouvoir réunir et affiner des fiches technico-économiques moyennes fiables ont causé un décalage considérable pour l'obtention des résultats nécessaires pour l'avancement des activités du projet programmées. Le défi dans cette phase était alors, de pouvoir modifier les actions de recherche tout en gardant les mêmes objectifs généraux et spécifiques du projet. Malgré les efforts de l'équipe du projet, une prolongation de 6 mois a été déclarée nécessaire pour pouvoir rattraper le retard et achever convenablement les actions de recherches planifiées.

Bien que la gestion des dépenses (consultation, collecte de devis, analyse des offres, procédures de recrutements, préparation des courriers, préparation des rapports financiers) constitue une charge importante, elle a été assurée par le chargé du projet, en raison de faute de moyen pour recruter un comptable au sein de l'ESA Mograne. Le CNEA n'a exécuté que la vérification et les payements.

Finalement on peut dire que pour un projet aussi ambitieux que le projet EVSAT-CAD qui a porté sur toute la Tunisie et a assuré des collaborations avec plusieurs institutions de recherche et de développement, il est tout à fait normal que cela nécessite du temps et un grand effort d'organisation et de coordination.

7. Recommandations

Comme il a été déjà mentionné dans les rapports précédents, l'administration du projet au niveau du CRDI a été bien coopérative avec l'équipe du projet en Tunisie et nous n'avons pas de recommandations à faire pour cet organisme. En ce qui concerne la gestion du projet en Tunisie, il est préférable qu'elle soit faite en entier (technique et financière) au sein de l'établissement bénéficière de la subvention. Mais cette solution ne peut être recommandée tant que la lourdeur des procédures de dépenses publiques, qui sont soumis à des contrôles à priori, n'est pas évitée.

Références

Voir annexe 14

Annexes

Les annexes envoyées avec ce rapport final sont inventoriées dans la liste suivante :

Annexe 1	La consommation alimentaire des ménages et l'empreinte eau du consommateur tunisien moyen
Annexe 2	Résumés et Communications des participations aux événements scientifiques
Annexe 3	Bilans Hydriques Intégraux des différentes régions de la Tunisie
Annexe 4	Industrie agroalimentaire en Tunisie : Gestion des ressources en eau et contribution dans les flux d'eau virtuelle
Annexe 5	Compétitivité des produits agricoles tunisiens : une analyse par étage bioclimatique, par strate de taille et par conduite
Annexe 6	Programmes des journées de formation destinées aux agriculteurs
Annexe 7	Estimation de l'empreinte eau d'une boite de double concentré de tomates par deux approches différentes
Annexe 8	Valorisation de l'eau en industrie agroalimentaire : Une réflexion en termes d'eau virtuelle et de sécurité alimentaire. Cas de la filière huile d'olive en Tunisie
Annexe 9	Procès verbaux des réunions de l'équipe du projet EVSAT- CAD tenues au cours de la période allant de Février à Aout 2015
Annexe 10	Programme, Procès Verbal et résumés des communications de l'Atelier « Eau Virtuelle et Sécurité alimentaire en Tunisie : Situation et Perspectives »
Annexe 11	Présentations de l'Atelier « Eau Virtuelle et Sécurité alimentaire en Tunisie : Situation et Perspectives »
Annexe 12	Troisième rapport relatif à la consultation sur la place de la femme dans la gestion de l'eau et la sécurité alimentaire en Tunisie
Annexe 13	Rapport final relatif à la consultation sur la place de la femme dans la gestion de l'eau et la sécurité alimentaire en Tunisie
Annexe 14	Liste des articles et des communications réalisés dans le cadre du projet EVSAT-CAD
Annexe 15	Recueil des fiches technico-économiques observées des principales cultures pratiquées en Tunisie. TOME 1
Annexe 16	Recueil des fiches technico-économiques observées des principales cultures pratiquées en Tunisie. TOME 2