



Les Biocarburants - Analyse du potentiel de production de biocarburants à l'échelle internationale et en Tunisie

Executive summary/sommaire exécutif

“Orientations pour la production de biocarburants en Tunisie”

Dr. Christophe Neff

Dipl.-Geograph Alexander Scheid

Institut für Geographie und Geoökologie

Universität Karlsruhe

Juin 2008

Résumé

En fin d'étude nous pouvons résumer nos orientations pour la Tunisie en trois points :

- 1. Forêts, bois, maquis et terrains dégradés à vocation forestière possèdent le plus grand potentiel pour le développement des bioénergies & biocarburants.**
- 2. Ce potentiel pourrait être amélioré par l'utilisation systématique des déchets organiques.**
- 3. Le potentiel de l'agro-biomasse (biocarburant de première génération) est très limité.**

1.1 Préface

Nous présentons ici les principaux résultats de l'étude « Les Biocarburants - Analyse du potentiel de production de biocarburants à l'échelle internationale et en Tunisie » (Neff & Scheid 2008). Sur la base des résultats de l'étude, - les résultats complets ainsi que toutes les annexes se trouvent dans l'étude ainsi nommée, nous essayons de donner des premières orientations et recommandations pour la Tunisie.

1.2 Concurrence agroalimentaire & production de biocarburant

La production de biocarburant ne doit en aucun cas concurrencer la production agroalimentaire. Ceci est une restriction de premier ordre. Nous considérons que tout terrain qui produit de l'alimentation humaine directement ou qui peut potentiellement contribuer à la production alimentaire (cf. céréales) ou indirectement, comme par exemple les espaces destinés à la production fourragère, ne peuvent pas être utilisés pour la production de biocarburant. En Tunisie il ne reste donc que les terrains forestiers, les terrains fortement dégradés sans vocation pastorale, les terres à forte salinité et dans une moindre mesure les espaces de maquis et de garrigue. Il est clair que cette restriction primaire réduit fortement les potentiels de production de biocarburant. Nous pensons que dans le contexte actuel (printemps 2008), il est impensable d'utiliser des terrains agricoles pour la production de biocarburant. De plus, nous pensons que la filière biocarburant aura seulement un avenir au niveau international, si cette filière n'entre pas en concurrence directe avec la production

agroalimentaire. Dans ce sens, l'application de notre condition « pas de concurrence à la production agroalimentaire » est très restrictive¹.

1.3 Biocarburant dit de première génération

Les biocarburants de première génération comprennent le bio diesel à base de raffinage d'oléagineux (colza (*Brassica rapa var. oleifera*), tournesol (*Helianthus annuus*), jatropha (*Jatropha curcas*) et d'autres oléagineux) et l'éthanol, qui sont produits à base de distillation de plantes sucrières (cf. betteraves sucrières (*Beta vulgaris ssp. vulgaris var. altissima*), canne à sucre (*Saccharum X officinarum*) ou plantes amylacées comme le maïs et d'autres céréales. Pour plus de détails, voir BALLERINI, D., ALAZARD-TOUS, N. (éd.) (2006) et les analyses de cette étude, notamment le premier chapitre. Les biocarburants de première génération sont aussi souvent dénommés « agro -carburants », ce qui décrit une de leurs caractéristiques majeures: ils sont principalement cultivés sur des terrains agricoles, et ils sont tous, sauf le Jatropha, des plantes qui peuvent être utilisées directement ou indirectement pour l'alimentation humaine.

Sauf dans des conditions environnementales très spécifiques et très localisées, les biocarburants dits de première génération sont toujours en concurrence avec la production agroalimentaire et donc, leur application ou introduction en Tunisie n'est pas recommandable! En plus éviter la concurrence avec la production agroalimentaire est également une stratégie politique officielle de la Tunisie.

1.3.1 Bio diesel

La production de bio diesel à partir d'huiles végétales (et de leurs dérivés comme les huiles de récupération etc.) est une technique à écarter, car elle concurrence fortement la production agricole. En plus, cette technologie présente un rendement énergétique faible, les gains de limitations de CO₂ sont minimes et les moteurs diesel modernes - qu'il s'agisse de moteurs de voiture, camions aussi bien que d'engins agricoles modernes - ne sont pas adaptés à ce type de carburant.

Néanmoins, les prix des huiles végétales sont considérablement en hausse en ce moment – et il est à envisager que cette hausse perdure. La Tunisie pourrait s'engager à la production moderne d'huile et de graisse végétale à partir de plantes oléagineuses particulièrement bien adaptées à la géographie physique tunisienne, comme par exemple le tournesol (*Helianthus*

¹ Une vision moins restrictive est décrite dans NEFF (2007).

annuus) ou la carthame des teinturiers (*Carthamus tinctoria*). Une telle production pourrait être une possibilité pour la Tunisie de participer à la hausse des prix des huiles végétales, mais ceci seulement à condition que les terres utilisées ne concurrencent pas trop la production alimentaire tunisienne.

Notons aussi que la valorisation énergétique des grignons² et margines, des huiles végétales pures issues des cultures d'oléagineux sur place, ainsi que la valorisation énergétique des déchets de l'arboriculture pourraient augmenter l'indépendance énergétique de la Tunisie sans qu'elle soit contrainte d'investir dans la production de bio diesel.

La production de bio-diesel nécessite toujours l'utilisation de terres agricoles. D'après la littérature scientifique il existe néanmoins des niches agro-écologiques, certaines espèces d'oléagineux qui n'entrent pas ou pas trop fortement en concurrence avec la production agricole : ce sont le ricin (*Ricinus communis*) et le jatropha (*Jatropha curcas*).

Le ricin (*Ricinus communis*)

Le ricin fait partie de la flore spontanée tunisienne et se trouve surtout dans les terrains dégradés, terres incultes et friches urbaines. La culture du ricin sur des terrains incultes non propices à la production agroalimentaire pourrait être un moyen de commencer avec une production de bio diesel à un niveau local et régional. Pour une analyse fondée des potentialités de production de bio diesel à partir de ricin, un inventaire des terrains disponibles et potentiellement utilisables pour la culture de ricin est indispensable. Notons aussi que la culture de ricin - indépendamment de la question des potentialités du ricin pour la production de biocarburant - pourrait procurer à la Tunisie un atout économique non négligeable, car l'huile de ricin est un lubrifiant très recherché sur le marché international, et en plus cette huile est aussi utilisée pour l'industrie cosmétique ! Notons aussi, que déjà en 1991 la GTZ (Rolli 1991 : 69) préconisait la culture du ricin pour augmenter la rentabilité des agrosystèmes du Maghreb. De même Belgacem (2008 : 4) pense que la culture du ricin en Tunisie peut contribuer fortement à la valorisation énergétique de la biomasse. Une analyse approfondie de la revalorisation (économique & écologique) potentielle des terres dégradées par la culture du ricin en Tunisie s'impose. Dans cette optique il est important de noter que le ricin fait partie de la flore régionale, et qu'il s'agit même d'une plante particulièrement présente sur les terrains dégradés ou les friches urbaines, ceci est particulièrement valable pour le « Grand Tunis »³.

² Le potentiel de production de grignon et leurs valeurs énergétiques sont estimés au niveau de 200.00t/an (valeur énergétique de 0.35tep/t) en Tunisie par BELGACEM (2008)

³ Observation personnelle C.Neff

Le Jatropha (*Jatropha curcas*)

En ce moment, la culture de Jatropha est en vogue dans les mouvements écologiques et ONG environnementaux. Le principal atout de la jatropha, selon l'avis de nombreux auteurs (p.ex. PELLET 2007) est qu'elle ne concurrence pas directement la production alimentaire. Ceci n'est malheureusement pas correct ; dans la plupart des cas – ceci dépend fortement des facteurs agroécologiques locaux ou régionaux – il existe des alternatives pour la production d'aliments ou de fourrages à la place du jatropha⁴. L'exemple le plus frappant – exemple passé presque inaperçu dans la presse internationale – est le cas de la Birmanie, où la culture de jatropha a été massivement introduite au détriment de la production agroalimentaire.

En ce qui concerne la situation du jatropha en Tunisie⁵, il serait principalement à analyser si la plante est actuellement vraiment en mesure de produire une récolte économiquement significative de graines pour l'extraction d'huile. En situation sans irrigation dans le Sud de la Tunisie il est clair que la jatropha est une concurrence pour les plantes fourragères traditionnelles comme *Parkinsonia aculeata*, *Prosopis juliflora*, *Atriplex nummularia*, *Atriplex halimus*, *Rhus tripartita*, *Calligonum azel*, *Calligonum arich*, et peut donc, sous certaines conditions perturber la production du cheptel et ainsi perturber indirectement la production alimentaire locale et régionale. Néanmoins, on pourrait aussi tirer un bénéfice écologique de la plantation de jatropha, - en utilisant de l'huile végétale pure pour le chauffage local (+ prod. d'électricité) et en réduisant ainsi la charge de la collecte de bois de chauffe, qui est une des causes du dépérissement de *Calligonum azel* et *Calligonum arich* en Tunisie. En ce qui concerne l'irrigation de jatropha avec des eaux usées, - l'utilisation d'espèces forestières à forte croissance est d'un point de vue énergétique plus valorisant que l'utilisation de Jatropha. Néanmoins, il semble qu'au niveau local dans le Sud de la Tunisie il pourrait exister un potentiel d'utilisation de l'huile de jatropha comme source d'énergie. Seule une étude approfondie sur les potentialités d'utilisation de la jatropha sans concurrencer directement ou indirectement les ressources agroalimentaires locales pourrait donner des vraies réponses sur les possibilités de la jatropha comme source d'énergie.

⁴ Une des rares analyses qui démontre clairement que la culture de jatropha peut bien concurrencer la production agroalimentaire est l'analyse de MARCEL HÄNGGI (2008) « die entzauberte Nuß ».

⁵ Une première analyse des potentialités de produire du biodiesel en Tunisie est l'analyse de LOTTOMANN 2008 (Lessons to be learned for Tunisia from the cultivation and utilization of *Jatropha curcas* Linné (JCL) worldwide).

1.3.2 Ethanol

La production d'éthanol est une technique à écarter, car dans la plupart des cas, elle concurrence fortement la production agricole. Néanmoins le marché de l'éthanol et de ses dérivés est en constante croissance, et la Tunisie pourrait participer de cette hausse des prix.

Betteraves sucrières :

La distillation de betteraves sucrières dans la raffinerie de sucre de Beja comme coproduit du raffinage du sucre pourrait être une possibilité pour la Tunisie d'entrer dans le marché des biocarburants. Le procédé est actuellement en utilisation dans différentes sucreries à betteraves en France et en Allemagne. Ce type de production n'entre pas directement en concurrence avec la production alimentaire - la betterave sucrière est actuellement déjà cultivée dans la Medjerda – et il s'agirait surtout d'une augmentation du rendement énergétique d'un procédé / d'une culture déjà établie et déjà sur place.

Canne à sucre :

La production d'éthanol à partir de canne à sucre est à préférer à la production d'éthanol à partir de betteraves à sucres là où les conditions climatologiques permettent la culture de la canne à sucre. La teneur en sucre de la canne à sucre n'est que légèrement supérieure à celle de la betterave à sucre – mais le rendement à l'ha dépasse largement celui de la betterave sucrière. Il en résulte que, d'un point de vue du rendement énergétique, du rendement économique et du bilan environnemental, la production d'éthanol à partir de la canne à sucre est à préférer à la filière d'éthanol issu de betteraves sucrières. La canne à sucre sauvage (*Saccharum spontaneum*) fait partie de la flore spontanée de Tunisie – mais à la connaissance des auteurs il n'y a pas de culture de canne à sucre commerciale en Tunisie. Actuellement, la culture de la canne à sucre est pratiquée dans des conditions agroécologiques similaires à celles de la Tunisie, au Maroc, à Madeira (Portugal) et - historiquement - dans le Sud du Portugal, dans le Sud de l'Espagne ainsi qu'aux Açores. La construction d'une unité de distillation d'éthanol n'est pas un très grand investissement. En plus, on pourrait, dans certains cas précis utiliser des eaux usées pour l'irrigation des plantations de canne à sucre. A condition de n'utiliser que des terrains fortement dégradés, qui actuellement ne sont pas utilisés pour la production agricole, la production d'éthanol à base de canne à sucre pourrait avoir un certain intérêt au niveau régional. Notons en plus que, en ce qui concerne la ratio coûts d'investissement / bilan effets de serre aux prix actuels, la production de biocarburant à base de Canne à sucre a un très bon bilan, ce qui rend cette culture/technologie de production particulièrement bien adaptée pour les programmes MDP (FISCHER 2008, 31). Nous

Les Biocarburants – Analyse du potentiel de production de biocarburants à l'échelle internationale et en Tunisie Executive Summary/Sommaire exécutif « orientations pour la production de biocarburants en Tunisie Neff/Scheid (Université de Karlsruhe), GTZ Tunis

recommandons donc fortement une étude approfondie sur les potentialités d'établir des « plantations de cannes à sucre » sur terrains dégradés (en utilisant des eaux usées pour l'irrigation de telles plantations) pour la production de biocarburant/bioénergie. Il nous semble aussi important de signaler que la production d'éthanol à partir de la canne à sucre au Brésil est actuellement la seule technique de production de biocarburant pleinement rentable au niveau économique, - elle ne nécessite aucune subvention, - et peut même contribuer à des « gains monétaires ».

Sorgho à sucre (*Sorghum bicolor*⁶)

Dans certains conditions très spécifiques, la culture du sorgho à sucre comme base de production d'éthanol pourrait se révéler intéressante, particulièrement pour les régions à sols arides et salins. Ceci dit, on pourrait utiliser l'éthanol à base de sorgho à sucre sans trop craindre la concurrence aux produits agroalimentaires à condition que celui-ci soit cultivé sur des terrains dégradés ou à forte salinité.

Autres plantes amylacées

La culture du topinambour (*Helianthus tuberosus*) pourrait, sous certaines conditions, être intéressante pour la production d'éthanol en Tunisie. La plupart des autres plantes amylacées - en majorité des céréales - ne peuvent pas être prises en considération, car elles entrent en concurrence directe avec la production alimentaire.

1.4 Les BTL dits biocarburants de deuxième génération ou biocarburants de synthèse

Les BTL (Biomass to Liquid) sont des biocarburants de synthèse produits à partir de biomasse lignocellulosique. Théoriquement, toute plante peut être transformée en biocarburant, - biocarburant de synthèse qui est particulièrement bien adapté à la nouvelle génération de moteurs avec un bilan écologique considérable et une très grande économie de CO₂. Malheureusement, les BTL, d'un point de vue économique, ne sont rentables qu'à partir d'un prix de 90 – 130 dollar le baril. Au niveau actuel du baril (120 Dollar en avril 2008/135 en mai 2008) nous sommes actuellement en train de franchir le seuil de rentabilité des procédés de production de BTL. Il existe en principe deux types de procédés : le procédé biochimique (enzymatique) de la lignocellulose et le procédé thermochimique (gazéification & synthèse de Fischer-Tropsch). Tous les procédés sont en principe relativement anciens, mais n'ont jamais connu un grand développement à cause du prix relativement bas du pétrole, sauf dans

⁶ Plus précisément *Sorghum bicolor var. saccharum* et beaucoup d'autres synonymes.

Les Biocarburants – Analyse du potentiel de production de biocarburants à l'échelle internationale et en Tunisie Executive Summary/Sommaire exécutif « orientations pour la production de biocarburants en Tunisie Neff/Scheid (Université de Karlsruhe), GTZ Tunis

les pays qui étaient - pour des raisons politiques - déconnectés du marché international du pétrole : l'Allemagne du IIIème Reich (1933-1945), l'Allemagne de l'Est (1948- 1989) et l'Afrique Sud de l'Apartheid (1945- 1994). Grâce à la montée galopante du prix du baril, les procédés développés dans les pays cités ont été repris et améliorés pour débiter une production commerciale de différents types de BTL en 2007. Notons que le BTL est actuellement –hormis chez les spécialistes - quasiment inconnu dans le monde francophone. Il n'existe actuellement (25.4.2008, 31.5.2008) pas un seul article dans la wikipedia francophone. Les principales caractéristiques techniques des différents procédés de production de BTL sont décrites (état technique de 2005/06) dans BALLERINI & ALZARD-TOUX (2006). En Allemagne, la première installation de production de BTL au niveau industriel (Choren industries) fut inaugurée le 17.4.2008 par la chancelière allemande Angela Merkel à Freiberg⁷. Néanmoins cette installation a encore des dimensions modestes, - elle ne produit que 13.000 t de BTL (bio diesel synthétique) à partir de 70.000 t de biomasse végétale. Une unité de production de BTL à plus grandes dimensions est actuellement à l'étude à Schwedt (Brandenburg/Allemagne) – pour la production de 200.000 t par an – nécessitant un million de tonnes de biomasse végétale par an comme matière première (WÜST 2008).

1.4.1 Transformation de la biomasse lignocellulosique par voie biochimique

Le traitement biochimique de la biomasse lignocellulosique est actuellement encore en phase de recherche préindustrielle. Néanmoins, à moyen terme, quand la technologie sera prête au niveau industriel, le procédé peut avoir un intérêt pour la Tunisie. La transformation biochimique de la lignocellulose (aussi nommé bioéthanol) est particulièrement adaptée à la production de BTL à partir de paille, déchets végétaux de toute sorte, petit bois et biomasse en provenance d'espèces végétales à forte productivité annuelle en biomasse (*Arundo*, *Miscanthus*, *Phragmites*, *Cannabis*, *Saccharum*, *Helianthum*, *Panicum*). Actuellement, le procédé - n'ayant pas encore atteint la maturité industrielle -n'a pas encore d'intérêt pour la Tunisie, mais à moyen terme, l'auteur voit des potentiels de production à partir des pailles de céréales (déchets de cultures de céréales : blé, orge etc.) et des divers déchets d'arboriculture (en y incluant les oléicultures).

⁷ „Das Ende einer Vision. Weltweit erst Großanlage für synthetischen Biodiesel vorgestellt“. Die Rheinpfalz 18.4.2008, p. 2.

1.4.2 Transformation de la biomasse lignocellulosique par voie thermochimique (Synthèse de Fischer Tropsch et processus apparentés)

Le procédé thermochimique, principalement la gazéification & la synthèse de Fischer-Tropsch, permet en principe de produire du carburant BTL à partir de la biomasse entière d'une espèce végétale, ceci comprend tous les déchets végétaux issus de l'agriculture, de la sylviculture, de la subériculture, des arboricultures, de l'oléiculture et même les coupures des plantations ornementales y compris les déchets jardiniers – donc toute matière organique comportant de la lignocellulose. En principe, la matière lignocellulosique (principalement bois et matières végétales) est transformée en un préproduit (charbon de bois, huile de pyrolyse,) qui après gazéification dans un deuxième pas est transformée par la synthèse de Fischer Tropsch en carburant synthétique. Notons que le procédé (la transformation de charbon (CTL = Coal to Liquids) en pétrole) est un procédé ancien, qui fut utilisé massivement en Allemagne pendant la deuxième guerre mondiale pour produire du pétrole – car la plus grande partie de la production pétrolière de l'Allemagne pendant la deuxième guerre mondiale provenait des puits de pétrole en Roumanie et en Alsace (Pechelbronn) et de la liquéfaction du charbon. Une description détaillée de la technique de production de BTL sur base de la synthèse de Fischer Tropsch se trouve dans le chapitre 1.4 de cette étude (étude principale (Neff & Scheid 2008)).

La production de BTL sur la base de la synthèse de Fischer Tropsch est actuellement (en considérant le prix du baril de pétrole fluctuant entre 110- 135 dollars) en train de franchir la barre de la rentabilité économique. En ce qui concerne le bilan écologique, cette technique de production de biocarburant dépasse largement les autres types de biocarburants (rendement énergétique, bilan CO₂ etc.), et comme carburant de synthèse il peut être utilisé dans tous les moteurs actuels et futurs. En plus, la technique permet de produire de l'hydrogène.

Néanmoins il faut voir qu'une usine de production de BTL nécessite un investissement de 600 millions à 1 milliard d'Euros. En plus, pour la production industrielle, un approvisionnement annuel d'un million de tonnes de biomasse est nécessaire.

Les auteurs pensent que ces conditions sont de très sérieux obstacles au développement de la filière BTL en Tunisie. Même si on considère qu'à peu près 50 - 60% de l'approvisionnement en matières premières pourrait parvenir en grande partie des ressources forestières actuelles-et de la reforestation en bois énergie (ou équivalent) des terrains dégradés, que 40 à 50% sera importé par voie maritime⁸, et qu'en plus ce bilan pourrait même être enrichi par la collecte systématique de déchets biologiques (déchets végétaux) il est difficilement imaginable qu'une telle somme d'investissement (plus d'1 milliard d'Euros) soit investie dans un site de production complet de BTL en Tunisie. Néanmoins il est important de noter, que d'après le

⁸ Une première estimation des ressources mobilisables en biomasse pour une potentielle unité de BTL, ou de pré produit BTL en Tunisie est fournie dans l'analyse de BELGACEM (2008 : 28).

Les Biocarburants – Analyse du potentiel de production de biocarburants à l'échelle internationale et en Tunisie Executive Summary/Sommaire exécutif « orientations pour la production de biocarburants en Tunisie Neff/Scheid (Université de Karlsruhe), GTZ Tunis

conseil scientifique pour l'analyse de la politique agricole auprès du ministre fédéral de l'agriculture allemande, - à moyen terme, seules les unités de productions de BTL situées en dehors de l'Europe seraient en mesure de produire du BTL à un niveau économiquement satisfaisant (WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT AGRARPOLITIK BEIM BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ , 2007, pp. 148-149). Nous livrons dans l'étude principale quelques suggestions sur l'emplacement hypothétique d'une telle unité de production en Tunisie (Bizerte, Tabarka) ainsi que sur les contraintes logistiques à résoudre (transport, chemins de Fer).

Au niveau actuel des choses, il semble être inimaginable pour les auteurs, qu'une unité de production de BTL puisse être construite en Tunisie dans les deux à cinq prochaines années à venir, car ceci nécessiterait des investissements massifs. Néanmoins, pour les raisons mentionnées plus haut (économiques, écologiques, technologique) la filière BTL représente le futur des biocarburants.

Une voie plus économique, qui permettra à la Tunisie de suivre partiellement le progrès technologique et de réaliser des gains en CO₂, serait de produire des « pré-produits⁹ » de BTL en Tunisie. Ceci, en utilisant de manière durable les ressources forestières actuelles sur pied et en investissant massivement dans les plantations d'énergie sur les terres dégradées qui ne sont actuellement pas utilisées par l'agriculture (et l'élevage).

Ces pré-produits pourraient être :

- **Les plaquettes de bois (ou pellets de bois) (utilisables pour une centrale de production d'électricité à base de biomasse en Tunisie) – ou pour alimenter une unité de BTL en Europe.**
- **Le charbon de bois (charbon de bois industriel) pour alimenter une unité de BTL en Europe.**
- **L'huile de pyrolyse pour alimenter une unité de BTL en Europe.**

⁹ Allemand = Vorprodukte

1.5 Conclusion générale

Sauf dans des conditions environnementales très spécifiques et très localisées, les biocarburants dits de première génération sont toujours en concurrence avec la production agroalimentaire et donc leur application ou introduction en Tunisie n'est pas recommandable!

Pour participer à la fois au marché croissant des biocarburants et au développement des carburants de synthèse, les auteurs voient une perspective tunisienne dans la pré-production de produits (p.ex. l'huile de pyrolyse) pour la production de BTL à partir d'une utilisation durable des ressources forestières tunisiennes d'une part et à partir de plantations nouvelles (considérables) de plantes énergétiques pour la production de masse lignocellulosiques sur des terrains dégradés d'autre part.

Ceci pourrait valoriser la ressource forestière actuelle et valoriser économiquement les terrains dégradés. En plus, cela réduirait considérablement la consommation de CO₂ (en comparaison avec les carburants à base de pétrole). Par ailleurs, on pourrait envisager des plantations d'espèces forestières à forte croissance, en activant les fonds MDP. En plus il est important de noter que l'utilisation durable des écosystèmes forestiers méditerranéens pour la production de bois énergie peut considérablement réduire les risques d'incendies (NEFF 2007), - incendies qui pourront fortement augmenter en Tunisie avec les changements climatiques (NEFF ET AL 2007).

Néanmoins, sous certaines conditions locales et régionales spécifiques, les autres procédés de production de biocarburants (bio diesel de première génération, éthanol etc.) pourraient jouer un rôle régional. Ceci dépend fortement des conditions locales (géographie physique) et régionales (quel marché des carburants pour quel type de moteur). Ces productions ne pourront cependant, dans la plupart des cas, pas atteindre une taille suffisante pour une production industrielle de biocarburant. La seule filière en dehors de la filière BTL/lignocellulosique (et des ses pré-produits) dont les auteurs pensent, en considération de l'état actuel des données disponibles, qu'il pourrait s'agir d'un potentiel de production de biocarburant au niveau industriel en Tunisie, est la filière de l'éthanol à base de plantes sucrières (betteraves sucrières, canne à sucre, sorgho à sucre etc.). La production des huiles végétales de jatropha ou de ricin sur terrains dégradés pour la transestérification en bio diesel est, dans le cadre des données actuelles, très difficilement envisageable au niveau industriel. Elle pourrait néanmoins être prise en considération pour des projets régionaux ou locaux, à condition de ne pas entraver directement ou indirectement la production agroalimentaire.

Les Biocarburants – Analyse du potentiel de production de biocarburants à l'échelle internationale et en Tunisie Executive Summary/Sommaire exécutif « orientations pour la production de biocarburants en Tunisie Neff/Scheid (Université de Karlsruhe), GTZ Tunis

Les auteurs concluent que la voie de transformation de la biomasse lignocellulosique industrielle en pré-produit (cf. huile de pyrolyse) pour la production de BTL en dehors de Tunisie, présente des opportunités économiques et écologiques. La filière de l'éthanol à base de plantes sucrières est certainement aussi une voie à suivre, à condition qu'elle n'entrave pas la production agroalimentaire.

Les autres filières de production ne pourront certainement que jouer un rôle strictement régional ou local.

Remarquons qu'une alternative à la production de bio diesel pourrait être de mobiliser fortement les ressources forestières existantes, ainsi que d'effectuer des plantations d'espèces forestières à forte croissance (*Eucalyptus camdulensis*, *Acacia cyanophylla*, *Pinus pinaster*, *Pinus pinea*) et de graminées (de type *Arundo donax*, *Miscanthus X giganteus*, *Sorghum sudanense*) à forte production de biomasse, pour gagner de la biomasse cellulosique. Cette biomasse cellulosique pourrait (en attendant le développement économique de la filière BTL à grande échelle) être utilisée pour le chauffage direct (chaudières modernes pour la production de chaleur) et pour la production d'électricité (centrales de biomasse). Dans cette optique, la rationalisation énergétique de la production de charbon de bois peut aussi libérer un gain d'énergie considérable.

Ainsi, sans entrer directement dans la production de biocarburant, la facture énergétique (pétrolière) pourrait être allégée par les effets de substitution énergétique, le bilan de séquestration de CO₂ pourrait augmenter et enfin ces mesures pourraient largement profiter du fonds MDP. En attendant des progrès substantiels dans la filière BTL, cette voie pourrait déjà dans un avenir proche contribuer à alléger la facture énergétique de la Tunisie (et dans certains cas, faire entrer des revenus MDP). Notons aussi, qu'outre la question énergétique, les prix du marché pour la cellulose sont en forte augmentation, et -indépendamment du but initial d'une ressource à vocation de forte production de biomasse - une telle plantation (ou ressource forestières sur pied existant) pourrait toujours avoir un avenir économique prometteur et servir en plus à revaloriser écologiquement et économiquement les terrains dégradés.

Enfin, les auteurs aimeraient aussi prévenir : il n'existe aucune solution miracle dans le domaine des biocarburants – toutes les solutions discutées nécessitent des sommes considérables d'investissements économiques et technologiques qu'il faut mobiliser pour que la construction d'une filière de biocarburant devienne une filière écologiquement et économiquement rentable. Notons en fin de compte que la forêt et la filière bois tunisiennes offrent des potentialités considérables pour la valorisation énergétique – une opportunité à condition que la ressource forestière soit exploitée d'une manière durable et écologique. La valorisation de ce secteur pourrait en plus mobiliser des fonds MDP.

1.6 Remarque finale personnelle

Même si les biocarburants sont depuis quelques temps sévèrement critiqués à cause de la soit disant concurrence à la production alimentaire, - après avoir été longtemps considérés comme solution miracle pour freiner la croissance des gaz à effet de serre – il est clair qu'avec les prix du baril actuels (135 dollars mai 2008/ 200¹⁰ dollars prévus pour 2009/10), du fait que les réserves de pétrole exploitable ont atteint de sérieuses limites (SPIEGEL-ONLINE WISSENSCHAFT 7.6.2008), les biocarburants ont un grand avenir devant eux au niveau mondial¹¹. Ceci est particulièrement valable pour les biocarburants de deuxième génération (BTL). Même les biocarburants de première génération (bio diesel) pourront avoir dans certaines conditions agroenvironnementales spécifiques régionales des perspectives intéressantes.

L'avenir des biocarburants au niveau international est certainement lié à un processus de certification de production durable¹² pour garantir une production de biocarburant qui n'est pas en concurrence avec la production alimentaire et qui ne met pas en danger le bon fonctionnement des écosystèmes.

À condition de bien préparer son entrée dans le marché des biocarburants, de participer dès le début à un processus de certification de production de biocarburant durable, la Tunisie peut très bien valoriser ses ressources naturelles (surtout ses terrains dégradés), profiter d'un marché prometteur, et en même temps contribuer aux réductions de gaz à effet de serre.

¹⁰ Analyse & prévision Goldman & Sachs publiée dans divers organes de presse (Le Monde, Spiegel online etc.)

¹¹ 138,5 Dollar le 7.6.2008, - d'après le Monde.fr on prévoit le baril à 150 dollars pour le 4.7.2008. (LE MONDE.FR 7.6.2008)

¹² Dans une interview avec Spiegelonline Alexander Müller le Vice-président de la FAO préconisait un processus de certification international pour une production durable de bio & agro carburants. Dans cette même interview, il a aussi donné l'exemple de la production de biocarburant au Brésil qu'il considérait comme un exemple de production de biocarburant durable (SPIEGEL-ONLINE. 1.6.2008)

Littérature cite dans l' executive summary (la liste complet des sources se trouvent dans le document principal):

- BALLERINI, D., ALAZARD – TOUS, N. (EDS.) (2006) : Les biocarburants. États des lieux, perspectives et enjeux du développement. IFP Publication, Paris.
- BELGACEM, M. : (2008) : Note sur les perspectives de valorisation énergétique de la biomasse en Tunisie. MEDREC Tunis.
- DIE RHEINPFALZ (18.4.2008): Das Ende einer Vision. Weltweit erst Großanlage für synthetischen Biodiesel vorgestellt. Die Rheinpfalz 18.4.2008, p. 2 (Politik)
- FISCHER, T. (2008) : Biodiesel und CDM - ein Weg aus der CO² - Krise ? Mémoire de Seminaire (Université de Karlsruhe, Hauptseminar Global Change Dir.: Dr. C. Neff).
- HÄNGGI, M. (2008) : Die entzauberte Nuß. Die Wochenzeitung, 21. Februar 2008.
- KALTSCHMITT, M., HARTMANN, A., (2001) : Energie aus Biomasse, Grundlagen, Techniken und Verfahren. (Springer), Heidelberg.
- LE MONDE.FR (7.6.2008): Malgré la flambée des prix de l'or noir, l'Amérique prétend ignorer la crise. (http://www.lemonde.fr/economie/article/2008/06/07/malgre-la-flambee-des-prix-de-l-or-noir-l-amerique-pretend-qu-il-n-y-a-pas-de-crise_1055031_3234.html#ens_id=1032882 (dernière consultation le 7.6.2008 18:30)
- LOTTMANN J.H. (2008): Lessons to be learned for Tunisia from the cultivation and utilization of *Jatropha curcas* Linné (JCL) worldwide. (Word-doc, pp. 16).
- NEFF, C. (2007) : Note personnelle sur les perspectives et potentialités de production de biocarburant en Tunisie (21.12.2007), Grünstadt/Karlsruhe.
- NEFF, C. (2006) : Projections Ecosystèmes tunisiens 2030, (Résumé revise de L'EXPOSE «Projections Ecosystèmes tunisiens 2030» tenu le 6.7.2006 à Sidi Bou Said), Version draft du 17.8.2006 21:30, Karlsruhe.
- NEFF, C., ALOUI, A., EL HAMROUNI, A., SOUISSI, A., GROSSMANN, A. (2007) : 7.4 Ecosystèmes. In : REPUBLIQUE TUNISIENNE, MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DES RESSOURCES HYDRAULIQUES, GTZ (COOPERATION TECHNIQUE ALLEMANDE) (2007) (EDS.) : « Stratégie nationale d'adaptation de l'agriculture tunisienne et des écosystèmes aux changements climatiques ». Tunis, pp.33- 42.

Les Biocarburants – Analyse du potentiel de production de biocarburants à l'échelle internationale et en Tunisie Executive Summary/Sommaire exécutif « orientations pour la production de biocarburants en Tunisie Neff/Scheid (Université de Karlsruhe), GTZ Tunis

NEFF, C., SCHEID, A. (2008) : Les Biocarburants - Analyse du potentiel de production de biocarburants à l'échelle internationale et en Tunisie. Etude GTZ. Université de Karlsruhe.

PELLET, J.D., PELLET, E. (2007) : Jatropha curcas, le meilleur des biocarburants : mode d'emploi, histoire et avenir d'une plante extraordinaire. Lausanne (Favre).

ROLLI, K. (1991) : Pflanzen Nordafrikas, Plantes d'Afrique du Nord. Eschborn, GTZ (Sonderpublikation der GTZ, No 177).

SPIEGEL-ONLINE (1.6.2008): Interview avec Alexander Müller, Vice-président de la FAO (<http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/0,1518,556867,00.html> (dernière consultation le 1.6.2008 22 :15))

SPIEGEL-ONLINE WISSENSCHAFT (7.6.2008) : Ölreserven, der Alptraum der Saudis. (<http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/0,1518,554860-2,00.html> (dernière consultation le 6.6.2008 18:15))

WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT AGRARPOLITIK BEIM BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2007): Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung - Empfehlungen an die Politik. PDF-Doc. (http://www.bmelv.de/cln_044/nn_751706/SharedDocs/downloads/14-WirUeberUns/Beiraete/Agrarpolitik/GutachtenWBA,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/GutachtenWBA.pdf)

WÜST, C. (2008): Bäume zu Autofutter. In: Der Spiegel, 16/2008, pp. 144 – 146.

Annexe 1: Plantes et surfaces mobilisables pour la production de Biocarburant en Tunisie

	Biodiesel	Ethanol	Biocarburants Syn. (BTL etc.)	Surfaces mobilisables ?
1. Surfaces dégradées				
Irrigables avec eaux usées	Jatropha, Ricin	Canne à sucre	Peupliers, Eucalyptus, Saules, Miscanthus,	N.D.
Sans irrigation	Jatropha , Ricin	néant	Pin d' Alep, Cyano ¹³	N.D.
Sales	néant	néant	Tamarix, Salicornia, Atriplex,	N.D.
Sales avec irrigation eaux usées	néant	néant	Canne de Provence	N.D.
2. Forêts				
Espaces forestiers exploitables/	néant	néant	Espèces présentées	1,5 Mio t./ans¹⁴ 600.000 ha¹⁵
Espaces forestiers /réformables	néant	néant	Remplacement du Pin d' Alep par espèces plus productives (Pin maritime, Pin parasol, Sapin de Douglas etc.)	N.D.
3. Maquis et garrigues				
Surfaces exploitables & mobilisables	néant	néant	Espèces présentées (Arbousier, chêne kermes etc.)	600.000ha¹⁶
Surfaces potentiellement aptes pour la reforestation	néant	néant	Espèces à forte productivité forestières(Pin parasol, Pin maritimes etc.)	N.D.
4. Terrains agricoles actuellement en friche				
Potentiellement irrigable	Jatropha, Tournesol, Colza,	Canne a sucre, Mais, Betterave à sucre, Canne à sucre	Canne de Provence, Miscanthus, Peupliers, Eucalyptus,	N.D.

¹³ Cyano = Acacia cyanophylla

¹⁴ Source Belgazem 2008

¹⁵ Source Neff 2006 (Aloui 2006 citée in Neff 2006)

¹⁶ Divers source

Les Biocarburants – Analyse du potentiel de production de biocarburants à l'échelle internationale et en Tunisie Executive Summary/Sommaire exécutif « orientations pour la production de biocarburants en Tunisie Neff/Scheid (Université de Karlsruhe), GTZ Tunis

Non irriguable	Tournesol, Chanvre, Carthame	Orge, Topinambour	Pins méditerranéens	N.D.
5. Friches urbaines				
	Ricin, Chanvre	Agaves, Topinambour	Arbres à forte croissance	N.D.

Annexe 2: Plantes énergies méditerranéennes

Dans l'annexe du executive summary nous avons réunis les espèces végétales qui pourront être utilisées pour la production de bioénergie. Les espèces qui nous considérons comme particulièrement bien adaptées à la production de bioénergie sont colorées en jaune.

Noms scientifiques	Noms française	Type de biocarburant (techniques)	Spécification de la matière première	Situation en Tunisie	Terres dégradées	Eaux usées	Terres sales
<i>Acacia cyanophylla</i> Lindl.	Mimosa bleuté	BTL, BETH	Tous bois & tous bois légers & cellulose	Espèces des dunes littorales (Ex)	X	X	
<i>Acacia dealbata</i> Link	Mimosa de Nice	BTL, BETH	Tous bois & tous bois légers & cellulose	Espèces pour terrains dégradés siliceux	X	X	
<i>Acacia salicina</i> Lindl.	Acacia à feuilles de saule	BTL, BETH	Tous bois & tous bois légers & cellulose	Utilisation de l'arbre pour le bois de chauffage et en tant que fourrage. Plantation en tant que brise-vent et arbre ornemental. Répandu de Tarbaka jusqu'à Oued Gabès.	X	X	X
<i>Arachis hypogaea</i> L.	Arachide	ETH	Oléagineux, huile végétale	Aucunes indications.			
<i>Arbutus unedo</i> L.	Arbousier	BTL, BETH	Tous bois légers & cellulose	Espèce de maquis et garrigue importante en Tunisie			
<i>Arundo donax</i> L.	Canne de provence	BETH, BTL	Tous bois & tous bois légers & cellulose	L'espèce est présente en Tunisie. Très grande productivité	X	X	
<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	Margousier	BTL, BETH	Tous bois & tous bois légers & cellulose	Présence de l'espèce dans les parties arides de Tunisie (cf. www.worldagroforestrycentre.org).	X		X
<i>Brassica napus</i> L. ssp.	Colza	BD,	Oléagineux, huile	Des essais de culture pour la			

Les Biocarburants – Analyse du potentiel de production de biocarburants à l'échelle internationale et en Tunisie Executive Summary/Sommaire exécutif « orientations pour la production de biocarburants en Tunisie Neff/Scheid (Université de Karlsruhe), GTZ Tunis

<i>napus</i>		HUILES VEGETALES	végétale	production de bio diesel en Tunisie ont échoués; en Tunisie du Nord, culture potentiellement possible!			
<i>Beta vulgaris ssp. vulgaris var. altissima</i> Döll	Bettrave a sucre	ETH	Plante à sucre	Dans la vallée supérieure de la Medjerda on trouve des cultures hivernales de la betterave sucrière.			
<i>Casuarina cunninghamiana</i> Miq.	Chêne des rivières	BTL, BETH	Tous bois & tous bois légers & cellulose	Présence au Nord de la Tunisie de Tabarka jusqu'à Kélibia.	X	X	Peu tolérant au sel
<i>Casuarina equisetifolia</i> J.R. Forst. et G. Forst	Filao à feuilles de Prêle	BTL, BETH	Tous bois & tous bois légers & cellulose	Présence de Filao à feuilles de Prêle en Tunisie. Pas d'indications concernant sa répartition.	X	X	
<i>Casuarina glauca</i> Sied	Filao (=Chêne femelle du désert)	BTL, BETH	Tous bois & tous bois légers & cellulose	Répandu sur les côtes nord et au Cap Bon, climat semi-aride à subhumide avec des précipitations de 400 à 800 mm/an.	X	X	X
<i>Casuarina stricta</i> Aiton	<i>Casuarina</i>	BTL, BETH	Tous bois & tous bois légers & cellulose	En Tunisie l'espèce est présente dans les régions avec des précipitations annuelles supérieures à 250mm/an.	X	X	
<i>Camelina sativa</i> (L.) Crtz.	Cameline cultivée	BD, HUILES VEGETALES	Oléagineux, huile végétale	Aucunes indications.			
<i>Cannabis sativa</i> L. (s. l.)	Chanvre cultivé	BD, BETH	Oléagineux, huile végétale	Aucunes indications.		X	
<i>Carthamus tinctorius</i> L.	Carthame des teinturiers	(BD), HUILES VEGETALES	Oléagineux, huile végétale	Aucunes indications.			
<i>Cedrus atlantica</i> (Endl.) Manetti ex Carr	Cèdre de l'Atlas	BTL, BETH	Tous bois & tous bois légers & cellulose	Grande productivité (actuellement seulement			

Les Biocarburants – Analyse du potentiel de production de biocarburants à l'échelle internationale et en Tunisie Executive Summary/Sommaire exécutif « orientations pour la production de biocarburants en Tunisie Neff/Scheid (Université de Karlsruhe), GTZ Tunis

				present dans les arboretum)			
<i>Ceratonia siliqua</i> L.	Caroubier	BTL, BETH	Tous bois & tous bois légers & cellulose	En Tunisie <i>Ceratonia siliqua</i> constitue „la série de l'oleo-lentisque à Caroubier” avec <i>Pistacia lentiscus</i> et <i>Olea europea</i> . Répandu dans les zones littorales du Nord, du Cap Bon et au Sahel.			
<i>Chamerops humilis</i> L.	Palmier nain	BTL, BETH	Cellulose	Espèce de maquis et garrigue importante en Tunisie			
<i>Crambe abyssinica</i> L.	Crambe	BD, HUILES VEGETALES	Oléagineux, huile végétale	Aucunes indications.			
<i>Cupressus sempervirens</i> L.	Cyprès toujours vert	BTL, BETH	Tous bois & tous bois légers & cellulose	Présence naturelle en Tunisie du nord-ouest, entre Maktar et Ousselatia: Forêt de la Kessera (Bou Abdellah), Serj (Sidi Amer) et Fom El Afrit (flanc sud du Serj).			X
<i>Erica arborea</i> L.	Bruyère arborescente	BTL, BETH	Tous bois légers & cellulose	Espèce de maquis et garrigue importante en Tunisie			
<i>Eucalyptus astringens</i> (Maid.) Maid.	Eucalyptus	BTL, BETH	Tous bois & tous bois légers & cellulose	Cette espèce est bien adaptée aux différentes zones climatiques tunisiennes et tolère également des conditions édaphiques variées concernant la teneur en calcaire, gypse ou sel. Elle est présente dans l'ensemble des régions bioclimatiques du Nord au Sud. Espèce forestière importante en Tunisie		X	Peu tolérant au sel
<i>Eucalyptus camadulensis</i> Dehnh.	Eucalyptus	BTL, BETH	Tous bois & tous bois légers & cellulose	Espèce forestière importante en Tunisie.		X	X

Les Biocarburants – Analyse du potentiel de production de biocarburants à l'échelle internationale et en Tunisie Executive Summary/Sommaire exécutif « orientations pour la production de biocarburants en Tunisie Neff/Scheid (Université de Karlsruhe), GTZ Tunis

				En Tunisie l'espèce est répandue dans les monts de Mogod et de Kroumirie sur des stations non calcaires.			
<i>Eucalyptus globulus</i> Labill	Eucalyptus	BTL, BETH	Tous bois & tous bois légers & cellulose	Grande croissance, espèce de zones humides (Ex)		X	
<i>Eucalyptus gomphocephala</i> D.C.	Eucalyptus	BTL, BETH	Tous bois & tous bois légers & cellulose	Répartition en Tunisie de Tabarka à Sfax.		X	
<i>Eucalyptus occidentalis</i> Endl.	Eucalyptus	BTL, BETH	Tous bois & tous bois légers & cellulose	Cette espèce s'adapte bien à différents milieux et elle est répandue en Tunisie du Nord et en Tunisie Centrale.		X	Peu tolérant au sel.
<i>Eucalyptus salmonophloia</i> F. Mueller	Eucalyptus	BTL, BETH	Tous bois & tous bois légers & cellulose	<i>C. salmonophloia</i> est une espèce à bonne capacité d'adaptation (espèce très plastique). Répartition en Tunisie de Gafsa à Jebel Mansour.		X	X
<i>Eucalyptus torquata</i> Luehmann	Eucalyptus	BTL, BETH	Tous bois & tous bois légers & cellulose	Espèce pour zones arides. Présence en Tunisie Centrale et en Tunisie du sud-est, plantation sur des surfaces marginales.			X
<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl	<i>Frêne oxyphyllé</i>	BTL, BETH	Tous bois & tous bois légers & cellulose	On trouve <i>F. angustifolia</i> au bord des ruisseaux dans les régions de Ain Draham, Feija, au lac d'Ichkeul, Oued Sejenane, Zaghouan, La Kessera et Thibar.		X	
<i>Glycine max</i> (L.) Merr.	Soja	BD HUILES VEGETALES	Oléagineux, huile végétale	Aucunes indications.			
<i>Helianthus annuus</i> L.	Tournesol	BD HUILES	Oléagineux, huile végétale	Aucunes indications.		X	

Les Biocarburants – Analyse du potentiel de production de biocarburants à l'échelle internationale et en Tunisie Executive Summary/Sommaire exécutif « orientations pour la production de biocarburants en Tunisie Neff/Scheid (Université de Karlsruhe), GTZ Tunis

		VEGETALES					
<i>Helianthus tuberosus</i> L.	Topinambour	ETH, BETH	Plante amyliacée Plante de sucrière, cellulose	Aucunes indications.		X	
<i>Hibiscus cannabinus</i> L.	Kenaf	BETH	Cellulose	Aucunes indications.		X	
<i>Jatropha curcas</i> L.	Jatropha	BD, BTL, BETH	Oléagineux, huile végétale, Cellulose	Les essais de culture dans la station régionale de Oued Souhil à Nabeul font partie d'une série d'essais en plein champ (Kondar, CFPA Medenine et Kalaat Andalous) cf. KHOUJA et al. (s.a.).		X	
<i>Linum usitatissimum</i> L. s.l.	Lin	BD, BETH	Oléagineux, huile végétale	Aucunes indications.		X	
<i>Miscanthus x giganteus</i> „Aksel Olsen“	Miscanthus	BETH, BTL	Cellulose	Aucunes indications.		X	
<i>Myrthus communis</i> L.	Myrte	BETH, BTL	Tous bois légers & cellulose	Especie de maquis et garrigue importante en Tunisie			
<i>Olea europea</i> L.	Olivier	BTL, BETH, BD	Tous bois légers, résidus de l' oléiculture	La culture de l'oliviers couvre une surface de 1,3 millions d'hectare, polycultures à oliviers (surtout en combinaison avec des amandes) sur 300.000 ha. (MTIMET, 2004), production d'huile alimentaire en 2006/2007 : 170.000 t -- production d'olives alimentaires en 2006/2007 : 15.000 t (http://www.internationaloliveoil.org).			
<i>Parkinsonia aculeata</i> L.	Parkinsonia (Épine de Jérusalem)	BTL, BETH	Tous bois & tous bois légers & cellulose	Présence en Tunisie dans les parties à climat aride et semi-aride, notamment en Tunisie			

Les Biocarburants – Analyse du potentiel de production de biocarburants à l'échelle internationale et en Tunisie Executive Summary/Sommaire exécutif « orientations pour la production de biocarburants en Tunisie Neff/Scheid (Université de Karlsruhe), GTZ Tunis

				Centrale et Tunisie du Sud.			
<i>Phillyrea angustifolia</i> L.	Filaire	BTL, BETH	Tous bois légers & cellulose	Espèce de maquis et garrigue importante en Tunisie			
<i>Phoenix dactylifera</i> L.	Palmier dattier	BETH, ETH, BTL	Débris de la palmeraie, cellulose	Espèce importante en Tunisie			
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	Roseau commun	BETH	Cellulose	Présence en Tunisie.		X	
<i>Pinus brutia</i> Ten.	Pin brutia (Pin de Turquie)	BTL, BETH	Tous bois & tous bois légers & cellulose	Introduction en Tunisie à Fernana et à Sejnène.			
<i>Pinus canariensis</i> C. Smith	<i>Pin des Canaries</i>	BTL, BETH	Tous bois & tous bois légers & cellulose	L'espèce a été introduite en Tunisie dans les arboretums du littoral septentrional et sur les dunes du Dar Chichou.	X		
<i>Pinus halepensis</i> Mill.	Pin d' Alep	BTL, BETH	Tous bois & tous bois légers & cellulose	Depuis le Sud des monts de Mogod et de Kroumirie jusqu'à l'Atlas. Depuis la frontière algéro-tunisienne jusqu'au Jebel Zaghouan.	X		
<i>Pinus pinaster</i> Aiton	Pin maritime	BTL, BETH	Tous bois & tous bois légers & cellulose	L'espèce méditerranéenne avec la plus grande productivité sur rotation de 20 ans. Répartition réduite dans le nord-ouest de la Tunisie, dans la région de Tabarka, il occupe une surface de 3811 ha (un tiers en monoculture, 2/3 de peuplement mixtes avec chêne liège).			
<i>Pinus pinea</i> L.	Pin parasol (<i>Pin pignon</i>)	BTL, BETH	Tous bois & tous bois légers & cellulose	Présence dans la zone littorale de Tabarka jusqu'à Sousse. Très grande productivité	X	X	
<i>Pinus radiata</i> D. Don	Pin radiata	BTL, BETH	Tous bois & tous bois légers & cellulose	<i>Pinus radiata</i> à une aire de répartition réduite ; cette espèce très performante à			

Les Biocarburants – Analyse du potentiel de production de biocarburants à l'échelle internationale et en Tunisie Executive Summary/Sommaire exécutif « orientations pour la production de biocarburants en Tunisie Neff/Scheid (Université de Karlsruhe), GTZ Tunis

				croissance rapide s'épanouit uniquement sous des conditions favorables avec suffisamment de précipitations dans les environs de Aïn Draham en Tunisie du nord-ouest. Très grande productivité			
<i>Populus alba</i> L.	Peuplier blanc	BTL, BETH	Tous bois & tous bois légers & cellulose	En Tunisie, le Peuplier blanc est répandu dans les oueds des régions de Kroumirie, Le Kef, Jebel Zaghouan et Jebel Bargou.		X	
<i>Populus balsamifera</i> L.	Peuplier baumier	BTL, BETH	Tous bois & tous bois légers & cellulose	Aucunes indications.		X	
<i>Populus x hybrida</i>	Peuplier hybrides	BTL, BETH	Tous bois & tous bois légers & cellulose	Aucunes indications.		X	
<i>Populus nigra</i> L.	Peuplier noir	BTL, BETH	Tous bois & tous bois légers & cellulose	En Tunisie présence de la sous-espèce <i>neopolitanum</i> dans les régions de Kroumirie, du Jebel Bargou et de Thibar. La sous-espèce <i>thevestina</i> est présente entre Kasserine et Beja.		X	
<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	Bayahonde français (Mesquite)	BTL, BETH	Tous bois & tous bois légers & cellulose	<i>Prosopis</i> est rare en Tunisie, plantations à Souassi, à Gabès et à Kairouan (ferme Ennaser).			X
<i>Quercus canariensis</i> Willd	Chêne zéen	BTL, BETH	Tous bois & tous bois légers & cellulose	Espèce forestière importante en Tunisie. En Tunisie l'espèce est présente dans les monts de Kroumirie à une altitude inférieure à 700 m d'altitude.			
<i>Quercus coccifera</i> L.	Chêne kermes	BTL, BETH	Tous bois & tous bois légers & cellulose	Espèce de maquis et garrigue importante en Tunisie.			

Les Biocarburants – Analyse du potentiel de production de biocarburants à l'échelle internationale et en Tunisie Executive Summary/Sommaire exécutif « orientations pour la production de biocarburants en Tunisie Neff/Scheid (Université de Karlsruhe), GTZ Tunis

<i>Quercus ilex</i> L.	Chêne vert	BTL, BETH	Tous bois & tous bois légers & cellulose	Présence de <i>Quercus ilex</i> L. ssp. <i>rotundifolia</i> notamment dans la région de la dorsale tunisienne.			
<i>Quercus suber</i> L.	Chêne liège	BTL, BETH	Tous bois & tous bois légers & cellulose résidus de la subériculture	Espèce forestière importante en Tunisie. En Tunisie <i>Q. suber</i> est présent dans les monts de Kroumirie et de Mogod non calcaires. SEIGE (1985 in QUEZEL & MEDAIL, 2003) indique une surface de 45.460 ha occupé par le Chêne liège.			
<i>Ricinus communis</i> L.	Ricin commun	BD, BTL, BETH	Oléagineux, huile végétale	Spontané en Tunisie (sur terrains dégradés). Plante ornementale et présence à l'état naturalisé. Mentionné dans le calendrier cultural des travaux de GRIENIG (1989:60): ensemencement février / mars, récolte fin août.	X	X	??X
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	Robinier	BTL, BETH	Tous bois & tous bois légers & cellulose	Aucunes indications.		X	
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	Romarin	BTL, BETH	Tous bois légers & cellulose	Espèce de maquis et garrigue importante en Tunisie			
<i>Saccharum officinarum</i> L.-	Canne à sucre	ETH, BETH,	Plante de sucrière, cellulose	Actuellement pas en culture en Tunisie. Pas d'indications.		X	
<i>Salix alba</i> L.	Saule blanc	BTL, BETH	Tous bois & tous bois légers & cellulose	Le saule blanc est présent en bordure de oueds, en Kroumirie et autour de Ain Draham, Tabarka et Makthar. (hauteur jusqu'à 6 m).		X	
<i>Sesamum indicum</i> L.	Sésame	(BD)	Oléagineux, huile végétale	Aucunes indications.			

Les Biocarburants – Analyse du potentiel de production de biocarburants à l'échelle internationale et en Tunisie Executive Summary/Sommaire exécutif « orientations pour la production de biocarburants en Tunisie Neff/Scheid (Université de Karlsruhe), GTZ Tunis

<i>Simmondsia chinensis</i> (Link.) Schneid.	Jojoba	(BD)	Oléagineux, huile végétale	Culture d'arbustes de Jojoba sur 287 hectares par l'entreprise „AGRO-CRC“ - reconnaissance de le réorganisation selon les standards DEMETER dans l'année 2006 (cf. biopress).			X
<i>Solanum tuberosum</i> L.	Pomme de terre	ETH	Plante amyliacée	Culture en Tunisie. Les rendements à l'hectare se situent ici entre 10,1 et 15t/ha (cf. www.cipotato.org).			
<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench	Sorgho commun	ETH, BETH	Plante à sucre cellulose	Aucunes indications.		X	X
<i>Sorghum sudanense</i> L.	Sorgho	BETH	Cellulose	Aucunes indications.		X	
<i>Sorghum bicolor</i> L. var. <i>saccharum</i>	Sorgho	ETH, BETH	Plante à sucre, cellulose	Actuellement pas en culture en Tunisie. Aucunes indications.		X	
<i>Spartium junceum</i> L.	Genêt d'Espagne	BTL, BETH	Tous bois légers & cellulose	Espèce de maquis et garrigue importante en Tunisie			
<i>Stipa tenacissima</i> L.	Alfa	BETH	Cellulose	Espèce importante en Tunisie. La production d'alfa se fait dans les steppes centrales et du Sud, dans les gouvernorats de Gafsa, Gabès et Médenine.			
<i>Tamarix aphylla</i> (L.) Karst		BTL, BETH	Tous bois & tous bois légers & cellulose	Espèce de maquis et garrigue importante en Tunisie		X	X
<i>Tetraclinis articulata</i> (Vahl) Mast	Thuya de Berbérie	BTL, BETH	Tous bois & tous bois légers & cellulose	Présence de <i>T. articulata</i> dans le nord-ouest de la Tunisie, au golfe de Tunis et au Cap Bon.			
<i>Zea mays</i> L. ssp. <i>mays</i>	Maïs	ETH, BETH	Plante amyliacée, cellulose	Pas d'indications.		X	

Acronymes :

Les Biocarburants – Analyse du potentiel de production de biocarburants à l'échelle internationale et en Tunisie Executive Summary/Sommaire exécutif « orientations pour la production de biocarburants en Tunisie Neff/Scheid (Université de Karlsruhe), GTZ Tunis

BD = Biodiesel (Esters d' huiles végétales)

BTL = Biomass to Liquids (transformation de la biomasse lignocellulosique par voie thermochimique)

ETH = Ethanol

BETH = Bioecoethanol (transformation de la biomasse lignocellulosique par voie biochimique)

