

Note personnelle sur les perspectives et potentialités de production de biocarburant en Tunisie (21.12.2007)

Christophe Neff (Grünstadt/Karlsruhe 21.12.2007)

1.) Introduction

Cette note personnelle reflète les idées personnelles de l'auteur sur les potentielles de production de biocarburants en Tunisie. Ces idées se basent entre autres sur les idées et travaux scientifiques sur la réduction des risques d'incendies dans les écosystèmes forestiers méditerranéens & subméditerranéens en utilisant la masse combustible pour produire de la bioénergie¹ (plaquettes en bois, biocarburants de 2eme génération dite BTL.) Certains des ses idées ont été intégré dans divers travaux² préparant l'étude changements climatique de la GTZ « Stratégie nationale d'adaptation de l'agriculture tunisienne et des écosystèmes aux changements climatiques³ » pour la Tunisie.

Les potentielles de développement de biocarburant sont décrits d'après le type et la technologie de production de biocarburant. Les différents types de technologie de production de biocarburant sont décrits en détails dans le manuel de Ballerini⁴, qui est un des titres de référence au niveau international et francophone. Ce livre a, comparé à nombreux livres⁵ allemands sur les biocarburants qui se resserrent plutôt à la situation en Allemagne ou en Moyenne Europe, a un atout majeure, - il présente la technologie de production de biocarburant et la matière première nécessaire au niveau internationale décrivant ainsi la Situation aux Etats-Unis, Inde, Brésil, etc. Notons que la description des diverses technologies de production se reflète au niveau technologie de fin 2005/06 et que la technologie de production de BTL a entre temps fait des progrès considérables.

¹ Par exemple Interview dans FINANCIAL TIMES DEUTSCHLAND (24.8.2005)

² NEFF, C. (2006) : Projections Ecosystèmes tunisiens 2030, (Resumé 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.

³ 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 »

⁴ BALLERINI, D., ALAZARD – TOUS, N. (EDS.) (2006) : Les Biocarburants. États des lieux, perspectives et enjeux du développement. IFP Publication, Paris.

⁵ Par exemple KALTSCHMITT, M., HARTMANN, A., (2001) : Energie aus Biomasse, Grundlagen, Techniken und Verfahren. (Springer), Heidelberg.

2.) Biocarburant dite de première génération

Les Biocarburants de premiers générations comportent le biodiesel à base de raffinage de oléagineux (Colza (*Brassica rapa var. oleifera*⁶), Tournesol (*Helianthus annuus*), Jatropha (*Jatropha curcas*)) (et autres oléagineux) et les carburants à base d'éthanol qui sont produites à base de la distillation de plantes sucrières (cf. betteraves sucrière (*Beta vulgaris ssp. vulgaris var. altissima*), canne à sucres (*Saccharum X officinarum*) ou de plantes amylicées (maïs et autres céréales). Pour plus de détails voir BALLERINI, D., ALAZARD – TOUS, N. (EDS.) (2006).

2.1.) Biodiesel

La production de biodiesel à partir d'huiles végétales (et de leurs dérivées comme les huiles de récupération etc.) et d'après mon évaluation personnelle une technique à écarter. Cette technologie a un rendement énergétique faible, les gains de séquestration de Co² sont minimale, et en plus les moteurs diesel moderne, qu'il s'agit de moteurs de voiture, camions ou engins agricole moderne ne sont pas adaptés à ce type de carburant.

Néanmoins le prix des huiles végétales sont en considérable hausse en ce moment – et il est à envisager que cette hausse perdure, la Tunisie pourrait s'engager à la production moderne de l'huile et graisse végétale à partir de plantes oléagineux particulièrement bien adaptée la géographie physique Tunisienne comme par exemple le Tournesol (*Helianthus annuus*) ou la Carthame de teinturiers (*Carthamus tinctoria*).

Dans des conditions locales ou régionales spécifiques très particulières on pourrait peut être penser à la production de biodiesel à partir des oléagineux pour de coopératives agricoles (petit circuit) en combinant cette production avec des projets MDP. Cette production pourrait se baser sur l'utilisation de Jatropha, Ricin⁷, Tournesol (et autre oléagineux dépendant fortement des potentialités agro écologique in Situ) et naturellement de déchets de la production de l'huile d'olive. Néanmoins cette production n'atteindra jamais des dimensions industrielles.

⁶ Plusieurs synonymes comme par exemple *Brassica napus va. oleifera*

⁷ *Ricinus communis*

En ce qui concerne *Jatropha* l'auteur ne partage pas l'euphorie de certaines associations écologiques. *Jatropha* atteint certainement ses limites physiologiques en Tunisie. En plus, il manque d'analyses scientifiques sérieuses sur la productivité (et la régularité de la production) de *Jatropha*⁸.

Personnellement, l'auteur pense qu'une production de biodiesel dans des dimensions locales et régionales se baserait plutôt sur des plantes oléagineux qui ont déjà prouvé leur adaptation agro écologique en Tunisie ou dans des conditions similaires et sur lesquelles des données scientifiques cohérentes existent. Personnellement l'auteur pense particulièrement au Ricin (*Rizinus communis*), un oléagineux sur laquelle il existe de la littérature scientifique – est une plante particulièrement bien adaptée à la Tunisie, car elle pousse à l'état spontané dans nombreux friches, terrains abandonnés, terres dégradées dans une grande partie de la Tunisie⁹. *Jatropha* (*Jatropha curcas*) et au niveau actuelle de chose plutôt une plante pour des expérimentations scientifiques pour évaluer les potentialités de productions et naturellement aussi pour la sélection de souches adaptées à la production agricole.

2.2 Ethanol

Le marché de l'éthanol et de ses dérivées est en constante augmentation, et la Tunisie pourrait participer à 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 d'entrer dans le marché des biocarburants pour la Tunisie. Le procédé est actuellement en utilisation dans différents sucrerie à betteraves en France et en Allemagne.

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 ou les conditions climatologiques permettent la culture de la

⁸ Une synthèse des connaissances actuelles sur *Jatropha curcas* se trouve dans le livre de PELLET & PELLET (2007) – malheureusement ce livre partagent partiellement l'euphorie des certains milieux associatifs écologiques.

⁹ L'auteur a montré durant son exposé Stratégies d'adaptation « Ecosystèmes » tenu le 21.10.2007 à Sidi Bou dans le cadre de l'étude « Elaboration d'une stratégie nationale d'adaptation de l'agriculture tunisiens et des écosystèmes » un transparent montrant un peuplement spontanée à la Marsa – et il y a brièvement donné des indications sur les possibilités de production de biocarburant à partir de plantation de ricin sur des sols dégradées (en citant des expériences brésiliennes).

Canne à sucre. La teneur en sucre de la Canne à sucre est légèrement supérieure à la betterave à sucre – mais le rendement à l’ha dépassent largement la betterave sucrière, - il en résulte que la production d’éthanol à partir de la Canne à sucre, est d’un point de vue du rendement énergétique, rendement économique et du bilan environnementale à préférer à la filière éthanol à partir de betteraves sucrières. La Canne à sucre sauvage (*Saccharum spontaneum*) appartient à la flore spontanée de Tunisie – mais à la connaissance de l’auteur il n’y a pas de culture de Canne à sucre commerciale en Tunisie. Actuellement la culture de Canne à sucre est pratique dans des conditions agro écologique similaires à 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

Sorgho à sucre (*Sorghum bicolor*¹⁰)

Dans certains conditions très spécifiques la culture de Sorgho à sucre comme base de production d’éthanol pourrait se relever intéressante, particulièrement pour les régions à sols arides et salins.

Autres plantes amylicées

La culture de Topinambour (*Helianthus tuberosus*) pourrait sous certaines conditions être intéressante pour la production d’éthanol en Tunisie. La plupart des autres plantes amylicées étant en majorité des céréales ne peuvent pas être pris en considération car ils entrent en concurrence directe avec la production alimentaire.

3.) Les BTL dite biocarburant de deuxième génération ou biocarburant de synthèse.

Les BTL (Biomass to Liquide) sont de biocarburants de synthèse produits à partir de la biomasse lignocellosique. Théoriquement toute la plante peut être transformée en biocarburant de synthèse, - biocarburant de synthèse qui est particulièrement bien adapté à la génération de nouveaux moteurs avec un bilan écologiques considérable (très grande épargne

¹⁰ Plus précisément *Sorghum bicolor var. saccharum* et beaucoup d’autres synonymes.

de Co²). Malheureusement les BTL, d'un point de vue économique ne sont rentable qu'à partir d'un prix de 90 – 130 dollar le baril. Au niveau actuel du baril (Déc. 2007) 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 de la lignocellulose et le procédé thermochimique (synthèse de Fischer-Tropsch). Tous les procédés sont en principe relativement anciens, mais qui à cause du prix relativement bas du pétrole, n'ont jamais connue un grand développement, sauf dans les pays qui étaient pour des raisons politiques déconnectés du marché international du pétrole ; - l'Allemagne du III Reich (1933-1945), l'Allemagne de l'Est (1948- 1989), et l'Afrique Sud de l'Apartheid (1945- 1994). Grace à la montée galopante du prix du baril les procédés développés dans ces pays cités ont été repris et améliorés pour débiter une production commerciale de différents type de BTL en 2007. Notons que le BTL est en dehors de spécialistes quasiment inconnue actuellement dans le monde francophone¹¹. Il existe actuellement (21.12.2007) même pas un article dans la wikipedia francophone. Les principales caractéristiques techniques de différents procédés de production de BTL sont décrites (état technique de 2005/06) dans BALLERINI & ALZARD-TOUX (2006).

3.1.) Transformation de la biomasse lignocellulosique par voie biochimique

Le traitement biochimique de la masse biomasse lignocellulosique est actuellement encore en phase de recherche préindustrielle. Néanmoins le procédé peut à moyen terme, quand la technologie sera prête au niveau industrielle 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 pailles, déchets végétales de toutes sortes, petits bois et biomasse en provenance de espèces végétales à fortes productivité annuelle en biomasses (*Arundo*, *Miscanthus*, *Phragmites*, *Cannabis*, *Saccharum*, *Helianthum*). Actuellement le procédé n'ayant pas encore atteint la maturité industrielle, n'a pas encore d'intérêt pour la Tunisie, mais à moyens terme, l'auteur voit des potentiels de

¹¹ Par exemple dans le spéciale des 3 pages sur les biocarburants du Monde Economie (3.4.2007) les biocarburants dite de deuxième génération on droit à quelques lignes éphémères – mais ces lignes ne traitent même pas la synthèse de Fischer-Tropsch. La recherche française sur biocarburant de synthèse a pris des énormes retards comparé aux autres pays (p.ex. l'Allemagne) – est dû à ce fait les BTL ne sont pas sur l'agenda de la discussion sur le développement des biocarburants. Ceci n'est pas seulement valable pour la France, - mais malheureusement aussi pour une grande partie du monde francophone.

production à partir des pailles de céréales (déchets de cultures de céréales : blé, orge etc.) et des divers déchets de arboriculture (en y incluant les oléicultures).

3.2.) Transformation de la biomasse lignocellulosique par voie biochimique (Synthèse de Fischer Tropsch et processus apparente)

Le procédé thermochimique, principalement la synthèse de Fischer-Tropsch, permet en principe de produire de carburant BTL à partir de la biomasse entière d'une espèce végétale. En principe la matière lignocellulosique (principalement bois & matières végétales.) est transformée dans un préproduit (charbon de bois, huile de pyrolyse) qui dans un deuxième pas est transformé 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 provenaient des puits de pétrole en Roumanie et en Alsace (Pechelbronn) et de la liquéfaction du Charbon.

La production de BTL sur la base de la Synthèse de Fischer Tropsch est actuellement (en vue du prix du baril de pétrole fluctuant entre 85- 95 dollars) en train de franchir la barre de la rentabilité économique. En ce qui concerne le bilan écologiques, cette technique de production de biocarburant dépasse largement les autres types de biocarburant (rendement énergétique, bilan CO_2 etc.), - et comme carburant de synthèse il peut être utilisé dans tous les moteurs actuels et futures. 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 Milliards d'Euro. En plus pour la production industrielle un approvisionnement annuelle avec 1 Mio. T. de biomasse est nécessaire.

L'auteur pense 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 matière première pourrait parvenir en grande partie des ressources forestières actuelles et de reforestation de terrains dégradés en bois énergie (ou équivalent) et importé de 40 à 50% par voie maritime, il est difficilement imaginable qu'une telle somme d'investissement (1 Milliard d' Euro) soit investie dans un site de production complet de BTL en Tunisie.

Emplacement hypothétique d'une telle unité de production de BTL en Tunisie

Au cas hypothétique qu'on considérerait le problème de la somme d'investissement considérable résolu, - l'approvisionnement en matière première résolu comme décrit en haut, - il resterait le problème de l'emplacement de l'établissement. Une unité de production de BTL qui contient toute la chaîne de production est une unité d'industrie lourde nécessitant au moins un embranchement de chemins de fer moderne, un accès portuaire¹² – et si possible pour des raisons de synergie technico-organisationnelle un site proche d'une raffinerie de pétrole existante. En Tunisie toutes ces conditions ne sont réunies que dans une seule ville – Bizerte (port, chemins de fer, - site de raffinerie de pétrole). Si on considère que la proximité d'une raffinerie de pétrole est certes un avantage, mais pas une nécessité de première ordre il aurait un deuxième site potentielle. A condition de rouvrir et moderniser la ligne de chemins de Fer Mateur-Sedjenene-Tabarka et d'aménager le port de Tabarka et vue d'une partie de l'approvisionnement de l'unité de production de BTL par la production forestière de la Kroumirie et les Mogods on pourrait aussi penser à un site de production de BTL à Tabarka.

Pour l'auteur il semble être au niveau actuelle des choses inimaginable que les conditions décrites en hauts soient réalisable (ou franchissable) dans les prochaines deux à cinq années à venir. Néanmoins pour les raisons mentionnés en haut (économiques, écologiques, technologique) la filière BTL est le future des biocarburants.

Une voie plus économe et qui permet à la Tunisie de suivre partiellement le progrès technologique et de réaliser de gains en CO² serait de produire des « preproduit¹³ » de BTL en Tunisie. Ceci en utilisant de manière durable les ressources forestières actuelles sur pieds et en investissant massivement dans des plantations énergie sur les terres dégradées qui sont actuellement pas utilisées par l'agriculture (et l'élevage).

Ces preproduits pourraient être :

- **Les plaquettes de bois (utilisable pour une centrale de production d'électricité à base de biomasse en Tunisie) – ou pour alimenter une unité de BTL en Europe.**

¹² La logistique – l'approvisionnement régulière en matière première (biomasse) est le facteur clefs pour le choix d'un emplacement d'une unité de production de BTL. Pour les divers sites de production de BTL industrielle en Allemagne (en étude ou en construction) seulement les sites avec un embranchement ferroviaire moderne et un accès portuaire (fluviale ou maritime) on été pris en considération

¹³ Allemand = Vorprodukte

- **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.**

L'huile de pyrolyse est facilement transportable et on pourrait imaginer divers unités de production de l'huile de pyrolyse le long de la ligne de chemins de fer Jendouba-Beja-Mateur et de ligne de chemins de fer à reconstruire Mateur – Tabarka – et dans un deuxième temps des unités plus au sud proches de terrains dégradés replantés en bois énergie¹⁴. L'huile de pyrolyse pourrait être exportée par les ports de Bizerte, Tabarka (ou autre port) pour approvisionner une unité de production de BTL en Europe ou dans un autre continent.

4.) Conclusion :

L'auteur voit dans la preproduction de produit (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 d'autre part à partir de plantations nouvelles (considérables) de plantes énergétiques pour la production de masse lignocellulosiques sur terrains dégradés une perspective tunisienne pour participer au marché croissant des biocarburants – et en plus de participer au développement des carburants de synthèse. 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).

Néanmoins les autres procédés de production de biocarburants (biodiesel de première génération, éthanol etc.) pourraient dans des conditions locales et régionales spécifiques avoir leur rôle à jouer, mais ceci dépend fortement des conditions locales (géographie physique) et régionales (marché carburant pour quelle type de moteurs). Mais ces productions pourront dans la plupart des cas ne pas atteindre une taille suffisante pour une production industrielle de biocarburant. La seule filière en dehors de filière Btl/lignocellulosique (et des ses préproduits) ou l'auteur pense à l'état actuelle de données disponibles ou il pourrait s'avérer

¹⁴ A conditions que les chemins de fer tunisiens aient recours à un système de type "Transfesa" pour permettre avec des wagons marchandise à écartement variable pour permettre de faire circuler des trains de marchandises sans transbordement du Sud au Nord. Ce système est par exemple utilisé par les chemins de fer algériens pour interconnecter les lignes du Sahara avec le reste du réseau de chemins de Fer algériens.

qu'il existe un potentiel de production de biocarburant au niveau industrielle en Tunisie est la filière éthanol à base de plantes sucrières (betteraves sucrières, canne à sucre, sorgho a sucre). La production des huiles végétales de Jatropha ou de Ricin sur terrains dégradés pour la transestirification en biodiesel est en vue des données actuelles très difficilement envisageable au niveau industrielle - mais elle pourrait néanmoins pris en considération pour des projets régional ou local.

L' auteur conclut que la voie de transformation de la biomasse lignocellosique en preproduit (cf. huile de pyrolyse) pour la production de BTL en dehors de Tunisie au niveau industrielle présente des grandes opportunités économiques et écologiques. La filière éthanol à base des plantes sucrières est certainement aussi une voie à suivre.

Les autres filières de production pourront certainement seulement jouer un rôle régional ou local.

Enfin l'auteur aimerait aussi prévenir :- il n'existe aucune solution miracle dans les domaines des biocarburants – tous les solutions discutées nécessitent de sommes considérables d'investissement économiques et technologiques¹⁵ qu'il faut mobiliser pour que la construction d'une filière de biocarburant devient une filière écologiquement et économiquement rentable.

Bibliographie & sources :

- BALLERINI, D., ALAZARD – TOUS, N. (EDS.) (2006) : Les Biocarburants. États des lieux, perspectives et enjeux du développement. IFP Publication, Paris.
- FINANCIAL TIMES DEUTSCHLAND (24.8.2005) (FORSCHEN UND ENTWICKELN): Feuer gegen Flammen. Katastrophale Flächenbrände im Mittelmeerraum sind vermeidbar. (von Ute Kehse).
- KALTSCHMITT, M., HARTMANN, A., (2001) : Energie aus Biomasse, Grundlagen, Techniken und Verfahren. (Springer), Heidelberg.
- LE MONDE ECONOMIE (3.4.2007) : Les biocarburants redessinent la carte de l' agriculture mondiale, p. I-III. (Le Monde Economie, Mardi 3 avril 2007)
- NEFF, C. (2006) : Projections Ecosystèmes tunisiens 2030, (Resumé 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.

¹⁵ Surtout si on pense au développement industrielle de la filière biocarburant, - des grands défis logistique sont à lever (voire p.ex. le Monde 3.4.2007) ; - pour la Tunisie cela se traduirait principalement par la modernisation de son réseau chemins de fers.

**Neff, C. : Note personnelle sur les perspectives et potentialités de production de biocarburant en Tunisie
21.12.2007**

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

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

Adresse de l' Auteur :

Dr. Christophe Neff

Universität Karlsruhe

Kaiserstraße 12

D-76128 Karlsruhe

Email:Christophe.Neff@ifgg.uni-karlsruhe.de