جامعة قاصدي مرباح، ورقلة - الجزائر
كلية العلوم الاقتصادية والعلوم التجارية وعلوم التسيير
قسم العلوم الاقتصادية

أطروحة مقدمة لنيل شهادة دكتوراه العلوم
فرع العلوم الاقتصادية، تخصص اقتصاد وتسيير البيئة

بعنوان :

أثر التوسع في إنتاج واستخدام الوقود الحيوي في قطاع النقل عالميا على التنمية الزراعية والأمن الغذائي في الدول النامية

حالة إنتاج الوقود الحيوي في الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد الأوروبي 2004 - 2013

من إعداد المترشح: فاتح بن نونة

نوقشت وأجيزت علنا بتاريخ : 24 نوفمبر 2016
أمام اللجنة المكونة من السادة :

أ.د/ عيسى بهدي	أستاذ	جامعة ورقلة	رئيسا
أ.د/ محمد شيخي	أستاذ	جامعة ورقلة	مشرفا و مقررا
د/ بوعلام بوعمار	أستاذ محاضر "أ"	جامعة ورقلة	مناقشا
أ.د/ عبد اللطيف مصيطفى	أستاذ	جامعة غرداية	مناقشا
د/ عبد الرزاق بن الزاوي	أستاذ محاضر "أ"	جامعة بسكرة	مناقشا
د/ رشيد سالمي	أستاذ محاضر "أ"	جامعة المدية	مناقشا

السنة الجامعية 2016/2015

الإهداء

إلى الذين تحملوا عني كثيرا مما كان علي أن أتحمله عنهم و أعطوني دون مقابل

والديّ الكريمين حفظهما الله؛

زوجتي العزيزة التي كانت نعم السند

مع خالص الحب و الوفاء.

إلى طفليّ

لينة و فراس أصلحهما الله؛

إلى كافة أفراد عائلتي الكريمة؛

إلى كل من علمني؛

و إلى من يستحق أن يهدى إليه

شكر

أتوجه بخالص الشكر و التقدير إلى الأستاذ المشرف على إنجاز هذا العمل

الأستاذ الدكتور **محمد شيخي** على جميل صبره و قبوله الإشراف على هذه الأطروحة،

وعلى توجيهاته القيمة.

كما أتوجه بالشكر الجزيل إلى الزميلين الأستاذين الطاهر خامرة و عبد الرؤوف حجاج على ما قدماه من دعم

وجهد طوال فترة إنجاز هذا العمل و أسأل الله أن يجعل ذلك في ميزان حسناتهما

كما لا يفوتني أن أشكر زملائي الأساتذة بكلية العلوم الاقتصادية جامعة أم البواقي الدكتور محي الدين شبيرة،

الدكتور الزبير عياش والأساتذة عمار قريش عبد الوهاب شنيخر، خليل شرقي، رياض عيشوش، يزيد تقرارت

وإبراهيم عدلي، وإلى كل من ساعدني في إنجاز هذا العمل من قريب أو من بعيد

مع خالص التقدير للجميع

ملخص

شهدت بداية القرن الحالي طفرة كبيرة في إنتاج و استخدام الوقود الحيوي على المستوى العالمي، تجسدت من خلال البرامج الواسعة التي تم إطلاقها من طرف أهم الفاعلين في سوق الوقود الحيوي، خصوصا الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد الأوروبي حيث تميزت السياسة المعتمدة في كل منهما بحجم الدعم الحكومي الكبير للإنتاج والاستهلاك من أجل تحقيق الأهداف الطموحة المحددة في إطار تلك البرامج و التي تتمثل أساسا في الحد من التبعية الطاقوية، مواجهة التغيرات المناخية و خلق فرص جديدة لتنمية القطاع الزراعي.

هذا النمو الكبير و المتسارع في إنتاج الوقود الحيوي شكل حدثا هاما على الساحة الاقتصادية العالمية، فالدعم الكبير الممنوح في هذا المجال انعكس على تنامي الطلب على المحاصيل الغذائية لإنتاج الوقود الحيوي في السنوات الأخيرة، و خلف آثار واضحة على أسواق السلع الزراعية الأساسية و السلع الغذائية، ترجمت في أزمة ارتفاع الأسعار الغذائية التي بلغت أوجها في سنة 2008، و هو ما أثار اهتمام العديد من الهيئات الدولية المختصة والجهات البحثية لدراسة الآثار المترتبة عن هذا النمو على أوضاع الزراعة والغذاء في العالم.

يتمحور بحثنا حول بيان أهمية الوقود الحيوي كمصدر متجدد للطاقة و تحليل فعالية سياسات تنمية إنتاجه واستخدامه في كل من الولايات المتحدة الأمريكية و الاتحاد الأوروبي و آثارها على أسواق السلع الزراعية و من ثم انعكاساتها على التنمية الزراعية و حالة الأمن الغذائي في الدول النامية.

الكلمات الدالة:

بيئة، طاقة متجددة، وقود حيوي، منتجات زراعية، أمن غذائي

Abstract

The development of biofuel in some countries of the world is at the beginning of the current century, a very important event for the global economy. The reasons given for their development are numerous: reduced energy dependence, fight against climate change and the search for a better promotion of agricultural products.

To this end, public policies instruments are put in place to promote biofuel meet their fossil equivalents: investment aids, mandatory blending of biofuel into conventional fuels, tax incentives and support for consumption.

The great support given for biofuels is reflected in the growing demand for food crops used to produce it in recent years, and left a clear impact on agricultural commodity, food commodities and markets, translated in the crisis of rising food prices that peaked in 2008, sparking the interest of many competent international bodies and research bodies to study the effects of this growth on agriculture and food situation in the world..

Our work is focused on the illustration of biofuels importance as a renewable source of energy, and the analysis of the effectiveness of US policy and European policy for the development of biofuel production and its impact on the agricultural products markets, and therefore the impact on agricultural development and food security in developing countries

Key words:

Environment, Renewable energy, Biofuel, Agricultural products, Food security.

المحتويات

الإهداء.....III

الشكر IV

ملخص V

المحتويات VII

قائمة الجداول XII

قائمة الأشكال البيانية.....XVI

قائمة الملاحق XVII

مقدمة .....أ

الفصـل الأول: مشكلة الطاقة و خيارات الانتقال نحو نموذج بديل في قطاع النقل. 01

تمهيد 02

المبحث الأول: مفهوم سياسة الطاقة و أهميتها.....03

المطلب الأول: أهمية النفط كمصدر للطاقة.....03

المطلب الثاني: ماهية السياسة الطاقوية.....07

المطلب الثالث: أبعاد سياسة الطاقة 11

المطلب الرابع: واقع الطاقة في العالم.....13

المبحث الثاني: مشكلة الطاقة وتحدياتها:.....21

المطلب الأول : مشكلة الطاقة و أبعادها.....21

المطلب الثاني: أهم مظاهر مشكلة الطاقة الراهنة.....23

المطلب الثالث: تقلبات أسعار النفط 26

المطلب الرابع: التحديات المستقبلية للطاقة.....30

المبحث الثالث: خيارات وإمكانات التحول الطاقوي.....33

المطلب الأول: معايير التقييم و المفاضلة بين مصادر الطاقة.....33

المطلب الثاني: مصادر الطاقة الأحفورية البديلة للنفط 36

المطلب الثالث: تنمية مصادر الطاقة الجديدة و المتجددة.....41

المطلب الرابع: اقتصاد الطاقة وكفاءة استخدامها.....45

المبحث الرابع : تحديات الطاقة في قطاع النقل.....50

المطلب الأول: الأهمية الاقتصادية لقطاع النقل.....50

المطلب الثاني: الطلب على الطاقة في قطاع النقل.....53

المطلب الثالث: الوقود البديل و منظومة النقل البديلة 57

خلاصة الفصل 62

الفصل الثاني: أهمية الوقود الحيوي كمصدر طاقة متجددة من الكتلة الحيوية.....63

تمهيد 64

المبحث الأول: الكتلة الحيوية كمصدر متجدد للطاقة.....65

المطلب الأول: ماهية طاقة الكتلة الحيوية.....65

المطلب الثاني: إمكانات الكتلة الحيوية و طاقتها الإنتاجية 68

المطلب الثالث: واقع وآفاق استخدام طاقة الكتلة الحيوية.....71

المبحث الثاني: الوقود الحيوي السائل كوقود للنقل.....75

المطلب الأول: ماهية الوقود الحيوي.....75

المطلب الثاني: تطور استخدام الوقود الحيوي.....77

المطلب الثالث: المصادر الرئيسية لإنتاج الوقود الحيوي.....79

المطلب الرابع: استخدام الوقود الحيوي في قطاع النقل 84

المبحث الثالث: سوق الوقود الحيوي 90

المطلب الأول: أهم المنتجين و المستهلكين للوقود الحيوي.....90

المطلب الثاني: هيكل إنتاج وتكاليف صناعة الوقود الحيوي.....95

المطلب الثالث: تطور إنتاج و استهلاك الوقود الحيوي في العالم.....101

المطلب الرابع: التجارة الدولية للوقود الحيوي 107

المبحث الرابع: السياق العام لتنمية إنتاج و استخدام الوقود الحيوي 112

المطلب الأول: الظروف الاقتصادية الدافعة لتنمية الوقود الحيوي.....112

المطلب الثاني: السياسات المساندة للتوسع في استخدام الوقود الحيوي.....115

المطلب الثالث: عوامل كبح التوسع في إنتاج الوقود الحيوي.....117

خلاصة الفصل 120

الفصل الثالث: تحليل وتقييم سياسات دعم إنتاج و استخدام الوقود الحيوي.....121

تمهيد 122

المبحث الأول: **سياسات دعم إنتاج و استخدام الوقود الحيوي**.....123

المطلب الأول: : إجراءات دعم الوقود الحيوي..... 123

المطلب الثاني: وسائل دعم إنتاج و استخدام الوقود الحيوي.....126

المطلب الثالث: سياسات دعم الوقود الحيوي في الأسواق الناضجة.....128

المطلب الرابع: سياسات دعم الوقود الحيوي في الأسواق الصاعدة.....137

المبحث الثاني: تقييم الفعالية الاقتصادية والبيئية لسياسات دعم الوقود الحيوي.....140

المطلب الأول: الآثار الاقتصادية و البيئية لأهم برامج تنمية الوقود الحيوي.....140

المطلب الثاني: تكاليف سياسات دعم الوقود الحيوي.....146

المطلب الثالث: تحليل التكلفة و العائد لسياسات دعم الوقود الحيوي.....150

المطلب الرابع: انعكاسات سياسات الدعم على صناعة الوقود الحيوي في الدول النامية.....157

المبحث الثالث: كفاءة الوقود الحيوي كبديل للوقود النفطي.....160

المطلب الأول: تحليل الكفاءة الاقتصادية للوقود الحيوي.....160

المطلب الثاني: تحليل الكفاءة الطاقوية للوقود الحيوي 166

المطلب الثالث: تحليل الكفاءة البيئية للوقود الحيوي.....169

خلاصة الفصل 172

الفصل الرابع: انعكاسات توسع إنتاج الوقود الحيوي على التنمية الزراعية والأمن الغذائي في الدول النامية.....174

تمهيد 175

المبحث الأول: تأثير إنتاج الوقود الحيوي على موارد الإنتاج والتنمية الزراعية في الدول النامية.....176

المطلب الأول: : حالة العوامل المحددة للتنمية الزراعية.....176

المطلب الثاني: أثر الوقود الحيوي على المتاح من الموارد الإنتاجية الزراعية.....180

المطلب الثالث: إنتاج الوقود الحيوي كحافز للتنمية الزراعية في الدول النامية.....184

المبحث الثاني: انعكاسات توسع إنتاج الوقود الحيوي على أسواق السلع الزراعية.....190

المطلب الأول: تطورات أسعار السلع الزراعية الأساسية.....190

المطلب الثاني: تطور إنتاج الوقود الحيوي و ارتفاع أسعار السلع الغذائية الزراعية.....194

المطلب الثالث: قياس تأثير الوقود الحيوي على أسعار السلع الزراعية الغذائية الأساسية.....198

المطلب الرابع: تأثير ارتفاع أسعار محاصيل الوقود الحيوي على أسعار المحاصيل الغذائية الأساسية.....205

المبحث الثالث: تأثيرات توسع إنتاج الوقود الحيوي على أبعاد الأمن الغذائي.....212

المطلب الأول: مفهوم الأمن الغذائي و أبعاده.....212

المطلب الثاني: أثر الوقود الحيوي على حجم المتاح من الغذاء في الأسواق الدولية.....215

المطلب الثالث: التأثير على إمكانية الحصول على الغذاء في الدول النامية.....220

خلاصة الفصل 225

خاتمة 226

قائمة المراجع 234

الملاحق 244

قـائمة الجـداول

الرقم	العنوان	الصفحة
(1-1)	الإنتاج العالمي من الطاقة الأولية 2010	15
(2-1)	استهلاك الطاقة حسب القطاعات في العالم و توقعاتها 2000 – 2030	20
(3-1)	تطور أسعار النفط الخام القياسية 2001-2011	26
(4 –1)	القدرة الحرارية المحتواة في مصادر الطاقة المختلفة	34
(5 – 1)	تطور حجم الاستثمارات في مشاريع الطاقة المتجددة 2003 - 2013	42
(6-1)	تكلفة إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة	43
(7-1)	تطور النقل البري للبضائع 1990 – 2005	51
(1-2)	مساهمة طاقة الكتلة الحيوية في الاستهلاك النهائي من الطاقة الحرارية	72
(2-2)	تطور إنتاج الكهرباء و القدرة الإنتاجية من الكتلة الحيوية عالميا 2004-2013	73
(3-2)	حصة طاقة الكتلة الحيوية المستهدفة لإنتاج الكهرباء في سنة 2020	74
(4-2)	أهم مصادر إنتاج الإيثانول من محاصيل الحبوب و المحاصيل السكرية في العالم 2007	81
(5-2)	الخصائص الأساسية لبعض الزيوت النباتية مقارنة بالديزل النفطي	88
(6-2)	تقدير تكاليف إنتاج بذور اللفت في أوروبا	97
(7-2)	تكلفة إنتاج الديزل الحيوي	98
(8-2)	تقدير تكلفة إنتاج الإيثانول في الولايات المتحدة الأمريكية و البرازيل	100
(9-2)	الأهمية النسبية للقطاعات المجهزة لصناعة الوقود الحيوي في الاقتصاد الأمريكي 2012	101

(10-2)	تطور الإنتاج العالمي من الإيثانول الحيوي 2007-2011	102
(11-2)	تطور الإنتاج العالمي من الديزل الحيوي 2007-2011	104
(12-2)	تطور الاستهلاك العالمي من الإيثانول الحيوي 2007-2011	104
(13-2)	تطور نسبة استهلاك الإيثانول الحيوي من الإنتاج المحلي 2007-2011	105
(14-2)	تطور الاستهلاك العالمي من الديزل الحيوي 2007-2011	106
(15-2)	تطور نسبة استهلاك الديزل الحيوي من الإنتاج المحلي 2007-2011	106
(16-2)	تطور التجارة الدولية للإيثانول و توقعاتها 2009 – 2019	111
(17-2)	تطور حجم الاستثمارات العالمية في قطاع الوقود الحيوي 2004- 2013	119
(1-3)	التعريفة الجمركية المطبقة على الإيثانول في بعض الدول المنتجة 2007	127
(2-3)	الحوافز الضريبية لدعم الإيثانول في بعض الولايات الأمريكية	132
(3-3)	إجراءات دعم الوقود الحيوي في بعض الأسواق الصاعدة	138
(4-3)	تطور مساهمة الإيثانول في خفض نسبة التبعية للواردات النفطية في الاقتصاد الأمريكي	141
(5-3)	تطور إحلال الإيثانول للواردات النفطية و النفط المستهلك في قطاع النقل الأمريكي بالمكافئ الطاقوي	142
(6-3)	تطور إحلال الديزل الحيوي للواردات النفطية و النفط المستهلك في قطاع النقل الأوروبي بالمكافئ الطاقوي	143
(7-3)	فرص العمل المتولدة عن إنتاج الوقود الحيوي في الاقتصاد الأمريكي	144
(8-3)	تقديرات فرص العمل المتولدة عن إنتاج الديزل الحيوي في الاتحاد الأوروبي	145
(9-3)	تخفيض انبعاث غازات الاحتباس الحراري حسب مواد إنتاج الوقود الحيوي	146

(3-10)	تقدير الدعم الكلي للوقود الحيوي في دول مختارة 2006	147
(3-11)	تقديرات تطور قيمة دعم الوقود الحيوي في الولايات المتحدة الأمريكية	148
(3-12)	تقديرات تطور قيمة دعم الوقود الحيوي في الاتحاد الأوروبي	149
(3-13)	تكلفة سياسة الدعم الأوروبية لخفض الانبعاثات باستخدام الديزل الحيوي	151
(3-14)	تكلفة سياسة الدعم الأوروبية لخفض الانبعاثات باستخدام الإيثانول	152
(3-15)	تكلفة سياسة الدعم الأمريكية لخفض الانبعاثات باستخدام الإيثانول	152
(3-16)	تكلفة سياسة الدعم الأمريكية لخفض الانبعاثات باستخدام الديزل الحيوي	153
(3-17)	عوائد خفض فاتورة الواردات النفطية و أثر سياسة الدعم في الولايات المتحدة الأمريكية	155
(3-18)	عوائد خفض فاتورة الواردات النفطية و أثر سياسة الدعم في الاتحاد الأوروبي	155
(3-19)	قيمة الدعم المخصصة لاستغلال الأراضي المجمدة في إنتاج مدخلات الوقود الحيوي في الاتحاد الأوروبي	157
(3-20)	تطور واردات وقود الإيثانول الأمريكية من بعض دول حوض الكاريبي و أمريكا الجنوبية	159
(3-21)	تطور سعر و هامش إنتاج الإيثانول بالعملات المحلية و الدولار الأمريكي في أهم مناطق الإنتاج	164
(3-22)	تطور سعر و هامش إنتاج الديزل الحيوي بالدولار الأمريكي في أهم مناطق الإنتاج	165
(3-23)	العائد الطاقوي من استهلاك الطاقة غير المتجددة لإنتاج الوقود الحيوي مقارنة بالوقود النفطي	167
(3-24)	الزيادة النسبية في حجم استهلاك الوقود النفطي تبعا لنسب المزج حسب الأهداف الأوروبية	168

(1-4)	معدلات النمو السنوية المتوسطة لإنتاجية محاصيل الحبوب 1960 – 2010	179
(2-4)	معادلات تقدير نمو الإنتاجية السنوية لأهم محاصيل إنتاج الوقود الحيوي	179
(3-4)	تقدير المساحة المطلوبة لإنتاج الوقود الحيوي حسب الأهداف الأوروبية والأمريكية في 2020 و 2022 على التوالي	181
(4 –4)	تطور مؤشرات أسعار السلع الزراعية الأساسية 2000 – 2013	193
(5 – 4)	تطور مؤشر تقلب أسعار السلع الزراعية الأساسية 2000 – 2013	194
(6-4)	تقدير معالم نموذج الإنحدار للفترة 1975 – 2006	199
(7-4)	تقدير معالم نموذج الانحدار للفترة 1975 – 2013	200
(8-4)	تقدير معالم نموذج الانحدار للمعادلة رقم (2)	203
(9-4)	تقدير معالم نموذج الانحدار للمعادلة رقم (5)	206
(10-4)	تقدير معالم نموذج الانحدار للمعادلة رقم (7)	209
(11-4)	تطور الاستهلاك و المخزون العالمي من الحبوب 2000 – 2008	219
(12-4)	متوسط نصيب الفرد من القمح 2006 – 2011	220
(13-4)	فاتورة الواردات الغذائية لسنة 2007 و نسبة زيادتها مقارنة بسنة 2006	222

قـائمة الأشكال البيانية

رقم الشكل	العنوان	الصفحة
(1-1)	توزيع الاستهلاك العالمي من مصادر الطاقة الأولية 2012	18
(2-1)	توزيع استهلاك الطاقة الأولية حسب المناطق في العالم 2012	19
(3-1)	ديناميكية الاستثمار في كفاءة استخدام الطاقة	45
(4-1)	استهلاك قطاع النقل من الطاقة حسب نوع الوقود و طبيعة النقل 2010	54
(5-1)	إستهلاك الوقود في فرع النقل البري 2007	54
(6-1)	إستهلاك الوقود في فرع النقل البحري	55
(1-2)	مساهمة طاقة الكتلة الحيوية في إجمالي استهلاك الطاقة النهائي 2012	71
(1-3)	مقارنة تكلفة الوقود الحيوي بالوقود النفطي عند مستويات مختلفة لسعر برميل النفط	161
(2-3)	التغيرات الشهرية لسعر النفط و أسعار المواد الأولية لإنتاج الوقود الحيوي 2004-2012	162
(3-3)	سعر الوقود النفطي و أسعار إنتاج الإيثانول في أهم المناطق 2002-2011	163
(1-4)	تطور أسعار السلع الزراعية الغذائية الرئيسية 2000 - 2013	192
(2-4)	تطور إنتاج و صادرات الذرة و الحجم المستخدم لإنتاج الإيثانول في الولايات المتحدة الأمريكية 1996 – 2012	216
(3-4)	تطور إنتاج و صادرات زيت بذور اللفت و الحجم المستخدم لإنتاج الديزل الحيوي في الاتحاد الأوروبي 2000 – 2012	218

قـائمة الملاحق

رقم الملحق	العنوان	الصفحة
01	معاملات التحويل الطاقوية	246
02	الآثار البيئية للوقود الحيوي	247
03	الخصائص الفيزيائية للوقود الحيوي و نظيره النفطي	248
04	الأرقام القياسية لأسعار السلع الغذائية و أسعار الطاقة و التضخم 1970-2013	248
05	أسعار الحبوب و الزيوت النباتية 1975 - 2013	250
06	الأسعار الشهرية للسلع الزراعية الغذائية الأساسية 2000 - 2013	252
07	مؤشرات تقلب أسعار السلع الزراعية الغذائية 2000 - 2013	256
08	إنتاج الذرة في الولايات المتحدة الأمريكية و استخداماته 1996 - 2012	256
09	الاختبارات القياسية لنموذج تأثير أسعار الطاقة على أسعار السلع الزراعية	257
10	الاختبارات القياسية لنموذج تأثير سعر الذرة في سعر القمح	259
11	الاختبارات القياسية لنموذج سعر زيت الصوجا	261
12	الاختبارات القياسية لنموذج تأثير إنتاج الإيثانول على سعر الذرة	263

مقدمة

أولا: إشكالية البحث:

يمثل الارتباط الوثيق بين التنمية الاقتصادية واستهلاك الطاقة احد أهم خصائص الاقتصاد العالمي المعاصر، فقد تجاوزت معدلات استهلاك الطاقة – وبشكل خاص مصادر الطاقة الأحفورية – معدل النمو الاقتصادي منذ بداية النصف الثاني من القرن العشرين .

هذا الارتباط الكبير ولد عدة مشاكل تواجه مستقبل التنمية في العالم، خاصة ما يرتبط باستنزاف الموارد الطاقوية وإمكانية نضوبها على مدى طويل ، وتدهور البيئة واختلال توازنها نتيجة لمخلفات إنتاج واستهلاك مصادر الطاقة الأحفورية ، وهو ما يدعوا للبحث عن فرص للانتقال من اقتصاد قائم على قاعدة موارد طاقوية ناضبة و ملوثة للبيئة إلى اقتصاد قائم على موارد متجددة و صديقة للبيئة .

في هذا الإطار يأتي الوقود الحيوي كأحد أهم الخيارات المحتملة للطاقة المتجددة، من اجل تحسين أمن الطاقة والحد من مخاطرها البيئية، إضافة إلى إعادة توزيع الريع الطاقوي لصالح القطاع الزراعي، غير أن هذا الأخير ينطوي على مجموعة من التهديدات التي تمس قاعدة الموارد الطبيعية –الأرض الزراعية والمياه- وتخصيصها وكذلك أسواق الغذاء وأسعاره، إضافة إلى التكاليف البيئية والاقتصادية والاجتماعية المحتملة من التوسع في استخدام الوقود الحيوي كوقود بديل في قطاع النقل ، فخلال الفترة 2000-2007 ارتفع إنتاج الوقود الحيوي بالاعتماد على المنتجات الزراعية بمقدار تجاوز ثلاثة أضعاف ، بحيث أصبح يغطي حوالي 2 بالمائة من الاستهلاك العالمي للوقود لأغراض النقل.

وبالرغم من محدودية الدور الذي يلعبه الوقود الحيوي السائل لأغراض النقل في الوقت الحالي وتواضع مساهمته في الإمدادات العالمية المتاحة من الطاقة ؛ فان زيادة الطلب على هذا المصدر الطاقوي نتيجة للبرامج العالمية لزيادة استخدامه على غرار برامج الولايات المتحدة الأمريكية، الاتحاد الأوروبي والبرازيل وغيرها، إضافة الضغوط البيئية والرغبة في تحقيق الحد من التبعية الطاقوية لكبار المستهلكين، سيؤدي إلى زيادة الطلب على المنتجات الغذائية الزراعية كقصب السكر، الذرة والبذور الزيتية لإنتاج الوقود الحيوي السائل، مما يطرح ضغوطا تصاعدية على أسعار الغذاء من جهة وتغير في طبيعة تخصيص الأراضي الزراعية وما يتبعه من آثار على الموارد المائية كما ونوعا من جهة أخرى، مع عدم إهمال الآثار الايجابية المحتملة على العمالة الزراعية واقتصاديات الدول النامية مما يتطلب التقييم الدقيق للتكاليف والعوائد التي يتيحها هذا الخيار بما يتوافق مع متطلبات التوجه لتحقيق تنمية مستدامة.

على ضوء ما تقدم نخلص إلى وضع إشكالية البحث التالية:

كيف يمكن أن يؤثر إنتاج الوقود الحيوي كبديل طاقوي على التنمية الزراعية وحالة الأمن الغذائي في الدول النامية؟

انطلاقا من الإشكالية الأساسية يمكن أن نطرح التساؤلات الفرعية التالية:

-هل يعيش العالم أزمة موارد طاقوية؟ وما هي طبيعتها؟

- ما المزايا التي يتيحها الوقود الحيوي كمصدر طاقة متجددة مقارنة بالمصادر التقليدية؟

- ما مدى كفاءة الوقود الحيوي المنتج في الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد الأوروبي في توفير الطاقة بشكل مستدام بيئيا و اقتصاديا؟

- إلى أي مدى يمكن لإنتاج الوقود الحيوي عالميا أن يساهم في تحقيق التنمية الزراعية في الدول النامية؟

- ما الانعكاسات المحتملة على أسواق السلع الزراعية الغذائية و الأمن الغذائي في الدول النامية؟

ثانيا: الفرضيات: للإجابة عن التساؤلات المطروحة نضع الفرضيات التالية:

-يعيش العالم أزمة طاقة متعددة الأبعاد نتيجة لاحتمال نضوب المصادر التقليدية و آثارها البيئية.

- يمكن أن يساهم الوقود الحيوي في خفض الآثار و التكاليف البيئية الناجمة عن الطاقة حسب نوعية المواد الأولية المستخدمة وطرق الإنتاج.

- يلعب التوسع في إنتاج واستهلاك الوقود الحيوي في الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد الأوروبي دورا هامشيا في تحقيق أمن الطاقة لانخفاض كفاءته الاقتصادية والبيئية.

- يمكن أن يؤدي ارتفاع أسعار السلع الزراعية المستخدمة لإنتاج الوقود الحيوي على المستوى العالمي إلى تحفيز الاستثمار العمومي و الخاص في القطاع الزراعي وبالتالي يمثل فرصة لتنمية القطاع الزراعي في الدول النامية

- يمثل الوقود الحيوي منافسا حقيقيا لإنتاج الغذاء على الموارد المائية والأراضي مما يؤثر سلبا على أسعار المواد الغذائية في الأسواق الدولية و على وضعية الأمن الغذائي في الدول النامية.

ثالثا: المنهج المستخدم:

اعتمدنا المنهج الوصفي لتحليل مشكلة الطاقة و توضيح أبعادها و الخيارات المتاحة للانتقال الطاقوي في قطاع النقل، و كذلك لتوضيح مكانة الطاقة الحيوية كمصدر متجدد للطاقة و أهمية الوقود الحيوي كأحد أهم أشكال طاقة الكتلة الحيوية الحديثة من خلال تحليل هيكل إنتاج أنواع الوقود الحيوي وإلقاء الضوء على أهمية هذه الصناعة و مكوناتها وأهمية الدور الذي يلعبه الوقود الحيوي في إمدادات الطاقة العالمية والفرص التي يتيحها لتنمية القطاع الزراعي، كما استخدمنا أسلوبا إحصائيا لتقييم مدى الكفاءة الاقتصادية و البيئية لسياسات دعم إنتاج واستخدام الوقود الحيوي. ثم استخدمنا أسلوبا قياسيا لدراسة العلاقة بين زيادة الطلب على أنواع الوقود الحيوي وأسعار المواد الغذائية الأساسية.

و قد اعتمدنا في ذلك على المعطيات الإحصائية المتاحة في قواعد بيانات الهيئات الدولية و الحكومية ذات العلاقة و المتمثلة أساسا في قواعد بيانات منظمة الأغذية و الزراعة العالمية، البنك العالمي، صندوق النقد الدولي، إدارة معلومات الطاقة الأمريكية و المفوضية الأوروبية.

رابعا: مبررات اختيار الموضوع: يعود اختيارنا لهذا الموضوع أساسا إلى الأسباب التالية:

- يندرج موضوع البحث ضمن أهم محار اهتماماتنا البحثية المتعلقة باقتصاديات الطاقة، الموارد و البيئة، ويشكل جزء من مجال تخصصنا الأكاديمي.

- يمثل الموضوع امتدادا لدراستنا السابقة في مرحلة الماجستير و بالتالي يتيح لنا الفرصة للتعمق في مجال الدراسة.

- الظرف الدولي المتميز بتزامن ارتفاع أسعار الطاقة و أسعار السلع الغذائية و علاقة الوقود الحيوي بذلك.

خامسا: أهداف البحث:

نهدف من خلال بحثنا إلى ما يلي:

- تحليل أبعاد مشكلة الطاقة المرتبطة بنموذج الطاقة القائم حاليا و أهم العوامل الدافعة إلى البحث عن بدائل لمصادر الطاقة الأحفورية بصورة عامة وفي قطاع النقل بصورة خاصة.

- بيان مكانة و أهمية الوقود الحيوي كأحد مصادر طاقة الكتلة الحيوية في سوق الطاقة والانعكاسات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية الايجابية و السلبية الممكنة والناجمة عن استخدام هذا الوقود كمصدر بديل لمصادر الطاقة التقليدية في قطاع النقل.

- تحليل سياسات دعم إنتاج و استخدام الوقود الحيوي و جدواها الاقتصادية وتحديد الأهداف و الدوافع التي تقف وراء هذه السياسات.

- تحليل علاقة ارتباط أسواق الطاقة و أسواق السلع الزراعية و أثر الوقود الحيوي على تعميق هذه العلاقة، و الأثر المباشر وغير المباشر لنمو إنتاج الوقود الحيوي على أسعار السلع الزراعية الغذائية الأساسية و تقلباتها.

- توضيح إمكانيات مساهمة الوقود الحيوي في تنمية القطاع الزراعي و الفرص التي يتيحها للاستفادة من نمو الأسواق و الانعكاسات على أبعاد الأمن الغذائي بالنسبة الدول النامية

سادسا: أهمية البحث:

تنبع أهمية البحث من أهمية الدور الذي تلعبه الطاقة في الاقتصاد العالمي و التوجهات الحالية نحو تنمية مصادر الطاقة النظيفة و المتجددة كبدائل لمصادر الطاقة الأحفورية الناضبة، إضافة إلى أن موضوع البيئة والتنمية المستدامة يمثل واحدا من أهم المواضيع المطروحة حاليا والتي تهم مستقبل التنمية في العالم، في ظل الحديث عن تحقيق تنمية مستدامة وتحقيق أهداف الألفية الإنمائية وعلى رأسها تخفيض الفقر إلى النصف بحلول 2015 وكذلك الوفاء بالتزامات بروتوكول كيوتو، حيث يرتبط إنتاج الوقود الحيوي مباشرة بموارد الإنتاج الزراعي و الأمن الغذائي من جهة و مشاكل البيئة الشاملة من جهة أخرى. وعليه فانه من الأهمية بمكان بيان المخاطر التي يمثلها التوسع في الإنتاج الوقود الحيوي و الفرص التي يتيحها للتوفيق بين مشكلي الطاقة و الغذاء في العالم.

سابعا: إطار البحث:

تناولنا في هذا البحث على دراسة سياسة إنتاج الوقود الحيوي في كل من الاتحاد الأوروبي و الولايات المتحدة الأمريكية باعتبارهما من اكبر مستهلكي الطاقة في العالم و امتلاكهما لأهم برامج تنمية استخدام الوقود الحيوي منذ مطلع القرن الحالي و كونهما أكبر منتجين و مستهلكين للوقود الحيوي حاليا، و قد ركزنا بصورة أساسية على الفترة الممتدة بين سنتي 2004 و 2013 باعتبارها الفترة التي شهدت طفرة إنتاج الوقود الحيوي.

ثامنا : الدراسات السابقة:

1- دراسة بعنوان **Données et enjeux économique du dossier des biocarburants** للباحث Philippe Defeyt, بـ Institut pour développement durable,2005

تتناول هذه الدراسة الرهانات المترتبة عن التعليمة الأوروبية المتعلقة برفع حجم استهلاك الوقود الحيوي من 02% سنة 2005 إلى 5.75% بحلول سنة 2010 ، ويدور التساؤل الرئيسي لهذه الدراسة حول الطريقة المثلى لتوفير الحجم المطلوب من هذا الوقود. ويناقش الباحث سياسة الإنتاج داخل الاتحاد الأوروبي ومشكلة الدعم الحكومي من جهة وخيار استيراد هذا المصدر الطاقوي والخلافات بين كبار المنتجين في ظل حماية المنتوج الأوروبي والأمريكي وسعي البرازيل لإزالة العوائق التجارية في وجه منتوجها.

غير أن هذه الدراسة لم تتعرض لمنافسة الزراعات الطاقوية لمصادر الغذاء على عوامل الإنتاج الأساسية – المياه والأراضي الزراعية – و استخدام موارد الغذاء الأساسية كمدخلات لإنتاج مختلف أنواع الوقود الحيوي وتأثير ذلك على التنمية الزراعية والبيئة.

2- أطروحة دكتوراه في الاقتصاد بعنوان: **Biofuel Policies and the Reformes of the Common Agricultural Policy** للباحث David Treguer بالمدرسة المتعددة التقنيات بباريس، 2008.

تناولت هذه الدراسة تطور إنتاج الوقود الحيوي و العلاقة التي نسجها بين السياسة الزراعية، السياسة الطاقوية والسياسة البيئية مع التركيز على الدور المحوري الذي أصبح يلعبه إنتاج هذا الوقود في إطار السياسات الزراعية من خلال حالة السياسة الزراعية الموحدة للاتحاد الأوروبي، بالتطرق إلى سياسات الدعم العمومي و مبرراتها وانعكاسات أعباء الدعم على الميزانية العامة و المستهلك و دافعي الضرائب، كما بينت هذه الدراسة التأثير المتبادل بين دور السياسة الزراعية الأوروبية في تشجيع إنتاج الوقود الحيوي، و دور هذا الأخير في الإصلاحات التي عرفتها هذه السياسة بعد 1992، و وضعت الدراسة استشرافا لمستقبل التوجهات البيئية للزراعة الأوروبية في إطار توجهات السياسة الأوروبية لتنمية إنتاج الوقود الحيوي.

3- أطروحة دكتوراه في الاقتصاد بعنوان: **Les implications du développement des biocarburants : Quels impacts sur le pays en développement ?** للباحث أمين عقبي (Amine Akbi) بجامعة NICE SOPHIA ANTIPOLIS بفرنسا 2013، تناولت هذه الدراسة مقارنة سياسات إنتاج الوقود الحيوي في أهم

الدول المتقدمة و الدول النامية المنتجة و آثار هذه السياسات على الأوضاع الزراعية و البيئية في الدول النامية، حيث استعرضت هذه الدراسة تطورات إنتاج الوقود الحيوي في الولايات المتحدة الأمريكية، البرازيل الاتحاد الأوروبي، و ناقشت انعكاسات هذه التطورات على أسواق السلع الزراعية من خلال نمو الطلب على المحاصيل الزراعية لإنتاج الوقود الحيوي و الأثار المترتبة عن ذلك بالنسبة للدول النامية فيما يخص تغير استخدام الأراضي الزراعية و فرص و مخاطر ارتفاع أسعار المحاصيل المستخدمة في إنتاج الوقود الحيوي.

و ناقشت الدراسة أيضا عولمة إنتاج الوقود الحيوي و الآثار البيئية الناجمة عن ذلك، و خلصت إلى أن الدول النامية تمتلك ميزة في إنتاج الوقود الحيوي مقارنة بالدول المتقدمة من الناحية البيئية إذا أخذت بعين الاعتبار الآثار السلبية لإزالة الغابات، التصحر، المياه و التنوع البيولوجي. لكن هذه الدراسة لم تتعرض لتأثير سياسات إنتاج الوقود الحيوي سواء في الدول المتقدمة أو الدول النامية على أوضاع الأمن الغذائي.

4- أطروحة دكتوراه في الاقتصاد بعنوان: **أثر الطاقة الحيوية كبديل للنفط على الأمن الغذائي العالمي بالتطبيق على دول منظمة الأوابك وبعض الدول النامية**، للباحثة فاطمة أحمد حسن محمد بكلية الاقتصاد والعلوم السياسية جامعة القاهرة 2013

تناولت هذه الدراسة أهمية النفط بالنسبة للدول العربية المصدرة للنفط وبعض الدول النامية الأخرى، والتحديات التي تواجه استمرار النفط كمصدر أساسي للطاقة في العالم و التي تتعلق أساسا بالآثار البيئية وإمكانية النضوب و بالتالي بدء عصر جديد من الطاقة يعتمد على طاقة الكتلة الحيوية كبديل متجدد و ملائم بيئيا.

تضمنت هذه الدراسة عرضا لمختلف أشكال الطاقة الحيوية ومصادرها ومقارنتها بالنفط، و التأثيرات المحتملة لتوسع استخدام الوقود الحيوي على أوضاع الأمن الغذائي في البرازيل و انعكاساته على الدول العربية المنتجة للنفط إضافة إلى الهند و الصين، و استشراف مكانة هذه الدول في سوق الطاقة العالمي في ظل توقع التحول إلى استخدام الوقود الحيوي كبديل للنفط، علاوة على مناقشة إمكانيات بعض الدول العربية في بإنتاج هذا الوقود مع المحافظة على التوازن البيئي و الإنتاج الزراعي الغذائي. و خلصت الدراسة إلى أن الوقود الحيوي يعتبر مصدرا مستداما للطاقة نظرا لآثاره البيئية و إمكانيات إنتاجه بطرق أكثر فعالية، لكنها لم تتعرض لتكاليف تحقيق ذلك ومدى قدرة الوقود الحيوي على منافسة الوقود النفطي اقتصاديا.

5- مذكرتنا للماجستير تحت عنوان **سياسة الطاقة والتحيات في ظل التنمية المستدامة – حالة الجزائر -** و التي تناولنا فيها دراسة الارتباط الوثيق بين إنتاج و استهلاك الطاقة و التنمية الاقتصادية، ومناقشة انعكاسات نموذج الطاقة المعاصر على التنمية المستدامة باعتباره نموذجا يقوم على موارد غير متجددة وملوثة للبيئة، مما يتوجب معه البحث عن الانتقال إلى نموذج مستدام يقوم على موارد طاقة متجددة وصديقة للبيئة من بينها مصادر طاقة الكتلة الحيوية، غير أننا لم نعالج المشاكل التي يمكن أن تنجر عن التوسع في استخدام الوقود الحيوي كبديل للمنتجات النفطية في مختلف المجالات، خاصة ما يتعلق بالموارد الأساسية الزراعية والأمن الغذائي و المخاطر البيئية وبالتالي التنمية المستدامة بوجه عام.

تاسعا: أقسام الدراسة:

للإلمام بمختلف جوانب الموضوع قسمنا الدراسة إلى أربعة فصول، تناولنا في الفصل الأول مشكلة الطاقة و الحلول البديلة في قطاع النقل عبر أربعة مباحث، حيث تناولنا في المبحث الأول سياسة الطاقة بأبعادها المختلفة و ألقينا الضوء على واقع الطاقة في عالمنا المعاصر، و في المبحث الثاني تناولنا تحليلا لمشكلة الطاقة و أهم التحديات التي تواجه مستقبل الطاقة في العالم، أما في المبحث الثالث فقد تطرقنا إلى خيارات وإمكانيات التحول من نموذج الطاقة القائم على القاعدة النفطية إلى نموذج بديل يعتمد أساسا على مصادر الطاقة المتجددة، و في المبحث الرابع تركز تحليلنا على تحديات الطاقة في قطاع النقل على اعتبار أنه من أكثر قطاعات النشاط الاقتصادي استهلاكا للطاقة و اعتماده المطلق على المشتقات النفطية.

أما الفصل الثاني فتضمن أهمية الوقود الحيوي كمصدر بديل للوقود النفطي المستخدم في قطاع النقل و ذلك من خلال أربعة مباحث: تضمن المبحث الأول أهمية الكتلة الحيوية كمصدر متجدد للطاقة، أما المبحث الثاني فتناولنا فيه التعريف بالوقود الحيوي السائل المستخدم في قطاع النقل بمختلف أنواعه و أجياله و تطور استخدامه، وتعرضنا في المبحث الثالث إلى أهم الفاعلين في سوق الوقود الحيوي و تطور إنتاجه و استهلاكه وأهمية حجم مبادلاته دوليا، ثم في المبحث الرابع ناقشنا السياق العام لتنمية الوقود الحيوي.

فيما تطرقنا في الفصل الثالث إلى مناقشة سياسات دعم التوسع في إنتاج و استخدام الوقود الحيوي في كل من الولايات المتحدة الأمريكية و الاتحاد الأوروبي من خلال ثلاثة مباحث: تناولنا في المبحث الأول الإطار العام لسياسات تنمية إنتاج و استخدام الوقود الحيوي في أهم مناطق إنتاجه عالميا، و ركزنا في المبحث الثاني على تحليل

و تقييم سياسة الدعم في كل من الولايات المتحدة الأمريكية و الاتحاد الأوروبي، و من ثم دراسة مدى قدرة الوقود الحيوي المدعم على منافسة الوقود النفطي اقتصاديا و بيئيا.

بينما خصصنا الفصل الرابع لدراسة آثار توسع إنتاج الوقود الحيوي على التنمية الزراعية و أسواق السلع الزراعية ومن ثم انعكاساته على أبعاد الأمن الغذائي في الدول النامية من خلال ثلاثة مباحث: تمحور المبحث الأول حول تأثير التوسع في إنتاج الوقود الحيوي على قاعدة موارد الإنتاج الزراعي من المياه و الأراضي و الفرص التي يتيحها للتنمية الزراعية في الدول النامية، و تناول المبحث الثاني انعكاسات هذا التوسع على أسواق السلع الزراعية الأساسية من خلال أسعار الحبوب والزيوت النباتية بشكل خاص، أما المبحث الثالث فقد خصص لتحليل الآثار المترتبة عن تنمية إنتاج الوقود واستخدامه على أوضاع الأمن الغذائي بمختلف أبعاده في الدول النامية.

عاشرا: صعوبات البحث:

واجهنا أثناء إعداد هذا البحث العديد من الصعوبات يمكن أن نذكر من أبرزها: غياب أي معطيات تخص الجزائر حول موضوع الوقود الحيوي و إلغاء مشروع إنتاج الوقود الحيوي الذي أعلن عنه في 2008 و المتمثل في مشروع شراكة جزائرية إماراتية من خلال شركة نخيل الإماراتية للبيوتكنولوجيا و مؤسسة عمومية جزائرية جعل الدراسة في شكل إسقاط عام لآثار سياسات إنتاج الوقود الحيوي في الاتحاد الأوروبي و الولايات المتحدة الأمريكية على الدول النامية، إضافة إلى عدم تمكننا من الحصول على البيانات الخاصة بسياسات أهم الدول النامية المنتجة للوقود الحيوي (البرازيل و الأرجنتين) و هو ما جعلنا نقتصر على تحليل سياسة كل من الاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة الأمريكية، كما أن غياب بعض المعطيات خلال الفترة المدروسة حول المتغيرات المعتمدة في التحليل أظهر بعض النقائص في مخرجات التحليل.

الفصل الأول

مشكلة الطاقة و خيا رات الانتقال نحو نموذج بديل في قطاع النقل

تمهيد

تمثل الطاقة إحدى الركائز الأساسية للتطور الصناعي و التكنولوجي الذي يعرفه العالم اليوم، وقد أصبحت سياسات الطاقة واحدة من أهم السياسات الاقتصادية التي تمس أبعادها مختلف المجالات الاقتصادية والاجتماعية و البيئية لدول العالم، و نتيجة للنمو الكبير في إنتاج و استهلاك الطاقة في مختلف مجالات النشاط الاقتصادي فقد بدأ العالم يدرك الأبعاد الخطيرة لهذا النمط الاستهلاكي القائم على مصادر الطاقة الأحفورية الناضبة، من جهة، و المهددة للبيئة من جهة أخرى، و هو ما ينعكس مباشرة على التنمية و استدامتها، حيث تستحوذ الطاقات الأحفورية على معظم إمدادات الطاقة العالمية في الفترة الراهنة.

و في هذا الإطار يعتبر قطاع النقل واحدا من أكثر القطاعات الاقتصادية استهلاكا للطاقة و النفط بشكل أساسي، حيث تهمين المشتقات النفطية على استهلاك جميع فروع هذا القطاع من الطاقة، و في ظل هذه الوضعية ومع تنامي الوعي بالمشاكل الحالية والمحتملة لنموذج الطاقة القائم حاليا، أصبح من الضروري البحث عن حلول بديلة لتوفير المتطلبات المتزايدة لهذا القطاع من خلال نموذج طاقوي مستدام يعتمد على قاعدة متنوعة من الخيارات الطاقوية المتجددة و النظيفة.

ويهدف هذا الفصل إلى التعريف بمشكلة الطاقة في العالم اليوم و الإحاطة بالظروف و العوامل الدافعة إلى العمل على تطوير حلول بديلة ملائمة خاصة في قطاع النقل.

المبحث الأول: مفهوم سياسة الطاقة و أهميتها

تكتسي سياسة الطاقة أهمية بالغة في كل دول العالم نظرا للدور الاقتصادي الكبير الذي تلعبه مصادر الطاقة لدى المنتجين و المستهلكين على حد سواء، و على اعتبار أن النفط يمثل العمود الفقري لمزيج الطاقة في عالمنا المعاصر و المحرك الرئيسي للنمو الاقتصادي و التنمية، و نظرا لما يتميز به من خصائص فريدة بين مختلف مصادر الطاقة، فإنه يحظى بأهمية بالغة تجعل منه العنصر المحوري لسياسات الطاقة في العالم.

المطلب الأول: أهمية النفط كمصدر للطاقة

تلعب الطاقة دورا محوريا لا غنى عنه في التنمية الاقتصادية، و يعتبر النفط أهم مصادر الطاقة و أكثرها استخداما في العالم اليوم نظرا للمزايا التي ينطوي عليها مقارنة ببقية مصادر الطاقة الأخرى.

1- مفهوم الطاقة و أنواعها:

أ) مفهوم الطاقة: تمثل الطاقة بكافة أشكالها و أنواعها عاملا مهما في التنمية الاقتصادية والاجتماعية، إذ تعتبر القوة الدافعة للنمو الاقتصادي و تحقيق الرفاهية و إشباع الحاجات البشرية المختلفة بتحويل الموارد الاقتصادية من شكلها الأولي إلى الشكل النهائي القابل للاستخدام و الاستهلاك.

و يمكن تعريف الطاقة بشكل عام على أنها القدرة على أداء عمل ما[1]، و من المنظور الاقتصادي يمثل العمل أحد العوامل الأساسية للإنتاج و عليه فإن حجم الإنتاج يعتمد على حجم الطاقة المستخدمة لتحقيقه.

ب) تقسيماتها: يمكن تقسيم مصادر الطاقة إلى عدة أقسام حسب مصادرها الطبيعية (نفط، غاز و فحم ...) أو حسب شكلها (طاقة حرارية، طاقة كيميائية و طاقة حركية ...) أو حسب قابليتها للتجدد إلى مصادر متجددة و مصادر غير متجددة، غير أنه من أجل التحليل الاقتصادي نعتمد معيار قابلية الاستخدام، ذلك أن هذا المعيار يساعد على تحديد الأهمية النسبية لكل عامل طاقوي و مجالات الاستخدام و كفاءته و كذلك تحليل الطلب على المصادر الأولية الذي يعتبر مشتقا من الطلب على المنتجات النهائية و ما يرتبط بذلك من تحليل مرونات الطلب و السياسات السعرية[2] و غيرها. وفقا لذلك نميز بين:

1 Furfari S., Politique et géopolitique de l'énergie, Edition TECHNIP, Paris, 2012, P 32
2 Furfari S., 101 questions sur l'énergie, Edition TECHNIP, Paris, 2009, PP 7-8

- **الطاقة الأولية:** تتمثل في الطاقة الكامنة في المصادر الخام قبل أن يدخل عليها أي تحويل مثل الطاقة المحتواة في النفط الخام أو الفحم الحجري، أو المصادر التي لا يمكن استخدامها بشكل مباشر مثل الطاقة النووية، و عادة يعبر عنها بالمحتوى الحراري لمصادر الطاقة الذي تتم معادلته بالمكافئ النفطي بالطن أو البرميل لأغراض المقارنة والتحليل.

و الطن المكافئ النفطي من مصدر طاقة معين يمثل الكمية من مصدر الطاقة التي تعطي نفس كمية الطاقة الناتجة عن احتراق طن من النفط

- **الطاقة النهائية:** و هي التي يتم الحصول عليها من تحويل المصادر الأولية إلى شكل قابل للاستخدام النهائي الذي يلبي حاجات المستهلكين لخدمات الطاقة التي تتمثل في الاستخدامات الأساسية التالية:

- الاستخدامات الحرارية: سواء التسخين أو التبريد في مختلف قطاعات النشاط الاقتصادي و تعتمد أساسا على مصادر الطاقة الأحفورية و الخشب بشكل أساسي.

- الاستخدامات الكهربائية: و تشمل جميع الاستخدامات التي لا يمكن تلبيتها إلا بالكهرباء كتشغيل الأدوات الكهرومنزلية أو أنظمة التحكم و المراقبة الصناعية و غيرها.

- استخدامات النقل: و هو الاستخدام الذي يعتمد بصورة شبه مطلقة على أنواع الوقود المشتق من النفط.

و تظهر أهمية هذا التصنيف في بيان إمكانية الإحلال بين مصادر الطاقة المختلفة التي يظهر من الناحية النظرية أنه ممكن إلا أنه فعليا في كثير من الأحيان غير ممكن ذلك أن لكل مصدر استخدامات خاصة فلا يمكن للطاقة النووية التي تستخدم حصريا لإنتاج الكهرباء مثلا أن تخفض من استهلاك النفط في قطاع النقل.

2- أهمية الطاقة و تطور استخدامها: تمثل الطاقة إحدى الركائز الأساسية للتطور الصناعي و التكنولوجي الذي يعرفه العالم اليوم، بل أصبح مقدار ما يستهلكه الفرد من الطاقة في بلد ما، مقياسا للنمو الاقتصادي وانعكاسا لمستوى التنمية التي حققها هذا البلد، و لا يقتصر ذلك على الناحية الكمية، بل يمس الناحية النوعية أيضا، إذ ترتبط التنمية بنوع الطاقة المستخدمة.

وقد تطور استخدام مصادر الطاقة المختلفة تماشيا مع تطور البنيان الاقتصادي و الاجتماعي للمجتمع البشري بداية من اكتشاف النار و استخدام الحرارة المتولدة عنها في الطهي و التسخين ثم صهر المعادن وصقلها في مرحلة لاحقة. وفي القرن الأول قبل الميلاد بدأ الإنسان في استخدام بعض الآلات البسيطة مثل الدواليب لرفع المياه المستخدمة في الري الزراعي و المناجم، و استمر هذا التطور بشكل بطيء إلى غاية القرن الحادي عشر الميلادي أين بدأ استخدام الطواحين الهوائية و المائية في أوروبا و التي لعبت دورا هاما في تطوير صناعة الصلب، و ظل هذا

النمط سائدا حتى بداية الثورة الصناعية حيث دعت الضرورة إلى إيجاد مصدر جديدة للطاقة يتناسب مع هذا المستوى من التطور.[3]

ومع بداية الثورة الصناعية وظهور الآلة البخارية التي تعتمد الحرارة الناتجة عن الاحتراق كطاقة محركة أمكن استبدال السفن الشراعية بالسفن البخارية باستخدام الخشب في البداية ثم الفحم الحجري الذي أصبح أهم مقومات الصناعة وتبع ذلك تحسينات في صناعة المحركات البخارية أهمها مساهمة جيمس وات الذي تمكن من صنع محرك بخاري أقل ضجيجا وأكثر كفاءة مما أتاح استخدامه على نطاق واسع، كما دخل عهد القطار المعتمد على المحرك البخاري المستخدم للفحم. بهذا انتقل الإنسان إلى عصر أكثر سرعة وزيادة في حجم إنتاج السلع مع خفض في تكاليفها حيث لعب الفحم الحجري دورا محوريا في بناء ودعم النهضة الصناعية لأوروبا. ومع توسع حركة التصنيع عبر العالم ارتفع الطلب على الطاقة بشكل كبير غير مسبوق.[4]

و بحلول القرن العشرين انتقل العالم إلى عصر النفط نتيجة للاختراعات العلمية الصناعية والاكتشافات في استخلاص مشتقات نفطية مكررة بدأ استخدامها منذ منتصف القرن التاسع عشر عندما تمكن الكيميائي الاسكتلندي جيمس يونغ من اكتشاف طريقة لاستخلاص البرافين والكيروسين وزيت التشحيم من النفط الخام بحيث أمكن استخدام المشتقات داخل مصباح للإنارة في مناجم الفحم والذي عرف بمصباح "البرافين" وزادت أهمية النفط بعد اختراع السيارة، ثم اختراع محرك الديزل في 1895 من قبل الألماني رودولف ديزل والذي تميز بكفاءته وانخفاض تكلفة الوقود المستخدم. و بعد ذلك اختراع الطائرة في 1903 من قبل الأمريكيين الأخوين رايت. إلا إن كل تلك الاختراعات التي تعتمد على أنواع مختلفة من المنتجات النفطية المكررة لم تحدث تحولا كبيرا في سوق الطاقة المتسم بسيطرة الفحم الحجري خلال تلك الفترة.[5]

وتعتبر نقطة التحول في تاريخ الطاقة القرار الذي اتخذته الحكومة البريطانية قبيل الحرب العالمية الأولى بالتحول عن استعمال الفحم إلى النفط كوقود في سفن الأسطول البريطاني مما أدى إلى تحسين كفاءتها و حسم الحرب لصالح الحلفاء وبالتالي اتضحت أهمية الإمدادات النفطية ودورها الأساسي في التنمية الاقتصادية والقوة العسكرية .

ونتيجة للتحولات الصناعية بعد الحرب العالمية الثانية، و الانتقال من الاعتماد على الفحم الحجري إلى الاعتماد الأساسي على النفط تبين للعالم الحاجة الأساسية للنفط الخام ومنتجاته المكررة، فقد أصبح مصدر الطاقة المفضل لدى كل من المنتجين والمستهلكين، وتزايد الطلب عليه لارتباطه بدفع حركة التنمية الاقتصادية العالمية وبالتالي

[3] هاني عبيد، الإنسان والبيئة: منظومات الطاقة والبيئة والسكان، دار الشروق، عمان، 2000، ص10
[4] خالد بن منصور العقيل، قضايا بترولية دولية، ص 10 على الرابط:
www.npmco.net/Files/enfiles/Books_Articles_&_Lectures/.../1.docx تاريخ الاطلاع: 2013/03/27
[5] نفسه، ص 11

أصبح النفط يحتل مركزا استراتيجيا حيويا في خطط الدول الصناعية على الصعيدين الاقتصادي والاستراتيجي لما يتمتع به من مزايا وخصائص مقارنة بمصادر الطاقة الأخرى[6]. و قد مهدت المعارف النظرية للفيزياء إلى ظهور الكهرباء كمصدر أساسي للطاقة.

3- خصائص النفط كمصدر استراتيجي للطاقة: يمثل النفط العمود الفقري لمزيج الطاقة العالمي في العصر الحديث إذ يمثل ثلث الطاقة الأولية المستخدمة في العالم، و أمام تزايد احتياجات العالم من الطاقة لمواجهة متطلبات النمو الاقتصادي وتحسين مستوى معيشة السكان المتزايدين، يمثل النفط أهم مصادر الطاقة المتاحة لمواجهة هذه المتطلبات، ويتوقع أن تستمر زيادة الطلب عليه في المستقبل المنظور في ظل عدم وجود بديل عملي تقنيا واقتصاديا من مصادر الطاقة المتجددة يتفوق على النفط في خصائصه ومميزاته المتعددة و بالتالي يبقى أهم مصدر للطاقة خلال السنوات القادمة. وتعود هذه الأهمية إلى مجموعة من الخصائص التي تميزه عن بقية مصادر الطاقة الأخرى و التي تتمثل في:

- **الطبيعة السائلة للنفط:** هذه الخاصية تجعل منه و من مشتقاته وقودا سهل النقل والتخزين في مختلف المناطق و الظروف الجوية و عامل جذب لاقتصادات الحجم في مختلف مراحل إنتاجه و نقله و توزيعه[7].
- **تعدد المشتقات والاستخدامات:** يرتبط بالخاصية السابقة مما يجعل تعديل الخصائص الفيزيائية و الكيميائية للمشتقات أكثر سهولة و يساهم في تعدد أنوع المشتقات، إضافة إلى أن النفط مادة تستغل بصورة كاملة حيث يمكن استعمال جميع مشتقاته في مختلف الاستخدامات الطاقوية من وقود للنقل و توليد الكهرباء إلى الاستخدامات الحرارية المختلفة و استخدامات صناعية أخرى كالصناعات البتروكيميائية و الصيدلانية.
- **إرتفاع المحتوى الحراري:** يتميز النفط بأعلى محتوى حراري مقارنة ببقية أنواع الوقود الأخرى ما يجعله الوقود الأكثر كفاءة في عمليات التحويل الحراري.
- **سلعة إستراتيجية:** يمثل النفط سلعة عالمية و من أكثر السلع تداولا من حيث الكمية و القيمة و تنبع خاصيته الإستراتيجية من أهميته لاقتصاد الدول المنتجة و المستهلكة، و في هذا الإطار نجد مقولة جورج كليمنصو بعد الحرب العالمية الأولى: " النفط مهم بالنسبة للاقتصاد مثل أهمية الدم بالنسبة لجسم الإنسان "[8]

هذه الأهمية التي يكتسيها النفط جعلته محور السياسات الطاقوية التي يمثل في كثير من الأحيان مرادفا لها.

---

[6] خالد بن منصور العقيل، المرجع السابق، ص 11

[7] عبد الفتاح دندي، الحوار بين الدول المنتجة و المستهلكة للنفط و أهميته في استقرار الأسعار، النفط و التعاون العربي، المجلد 38، العدد 140، الكويت 2012، ص 33

[8] IFP, Recherche et production du pétrole et du gaz, Editions TECHNIP, Paris, 2002, p 5

المطلب الثاني: ماهية السياسة الطاقوية

تمثل السياسة الطاقوية إحدى أهم السياسات الاقتصادية في مختلف دول العالم نظرا لأهمية مكون الطاقة في الاقتصاد العالمي.

1- تعريف السياسة الطاقوية: يمكن تعريف السياسة الطاقوية بأنها مجموعة الإجراءات التي تهدف إلى الاستغلال الأمثل للموارد الطاقوية المتاحة في منطقة معينة خلال فترة زمنية معينة.

و نظرا للأهمية الكبيرة لمصادر الطاقة و دورها في تغيير مجرى حياة الشعوب الاقتصادية، الاجتماعية والسياسية و كذلك نمط الحياة، فقد أخذت سياسة الطاقة بعدا استراتيجيا بحيث أصحبت هذه السياسة مرادفا للتغيرات الجيوسياسية التي يشهدها العالم و عاملا مفسرا للصراع بين القوى الاقتصادية الكبرى على مناطق النفوذ الغنية بالموارد الطاقوية في كل من الشرق الأوسط و آسيا الوسطى و أفريقيا.

و قد تطور مفهوم سياسة الطاقة و الاهتمام بها في الدول الصناعية كرد فعل على التطورات التي عرفتها أسواق الطاقة خلال سبعينيات القرن العشرين عقب الصدمة النفطية الأولى سنة 1973، ثم تراجع هذا الاهتمام خلال الثمانينيات بسبب انخفاض أسعار النفط و وفرة الإمدادات، ليعود الاهتمام بسياسة الطاقة مع بداية القرن الحالي و بتغير أولوياتها بشكل كبير حيث أصبح هدفها الرئيسي يتمثل في ضمان التوازن بين أمن الإمدادات والحفاظ على البيئة و تحقيق تنمية مستدامة.

2- عناصر سياسة الطاقة: تشمل سياسات الطاقة في مختلف الدول العديد من العناصر التي يمكن حصر أهمها في ما يلي:

أ) كفاءة استخدام الطاقة: لم يتم الإدراك بشكل كاف حتى الآن بأن السياسات التي تعالج كفاءة الطاقة هي أدوات رئيسية لاستدامة موارد الطاقة، فرغم كون هذه السياسات لم تكن تحصل على الاهتمام والدعم اللازمين، إلا أنها تمكنت من تحقيق توفير على امتداد العقود الثلاثة الماضية أربعة أضعاف التأثير الذي كان للطاقة الجديدة في مجال تلبية الطلب على الطاقة، وانطلاقا من ذلك فإن كفاءة الطاقة تمثل خيارا استراتيجيا في إطار الطاقة المستدامة، حيث أنها تجمع بين ميزتي انخفاض التكلفة و التوفير الكبير، و رغم كون كفاءة الطاقة لا تستطيع الحلول محل الوقود الأحفوري، كما هو الحال لأي بديل طاقوي في الوقت الحالي، إلا أنه بإمكانها تحقيق تخفيضات فورية معتبرة لاستخدام الوقود تصل إلى 2% سنويا في الدول الصناعية كما تساعد في نفس الوقت على تخفيض استخدام الوقود الأحفوري مع استمرار التنمية الاقتصادية في الدول النامية. و علاوة عن كونها لا تنتج أي

انبعاثات ملوثة، فإنها تمثل إلى حد بعيد أفضل وسيلة من الناحية الاقتصادية بين مختلف بدائل الطاقة للوفاء بالاحتياجات المتزايدة من الطاقة و خفض انبعاثات المصادر الملوثة، فحسب المجلس الأمريكي لاقتصاد كفاءة الطاقة يمكن توفير ما بين 35% إلى 40% من الكهرباء في الولايات المتحدة بتكلفة تقل عن 3 سنتات لكل كيلوواط/ساعة[9]، و هو مستوى لا يمكن لأي خيار طاقوي متاح حاليا تحقيقه بنفس السرعة و التكلفة المنخفضة.

تعتبر كفاءة الطاقة استثمارا ذو مردود جيد، و تكون عائدات الاستثمار عالية بوجه عام طالما كانت السياسة جيدة التصميم والتطبيق. و الفرق بين الاستثمار في عمليات العرض والطلب هو أن النوع الأول من هذه الاستثمارات يذهب إلى شركات تملك حوافز قوية لمتابعتها، أما النوع الثاني فيتوزع عادة بين ملايين المستهلكين الذين يكونون في أحيان كثيرة غير مدركين لفوائد هذه الاستثمارات.

و يشكل الاقتصاد في استخدام الطاقة سياسة محبذة في الأزمات، إلا أن المقاربة الأكثر فعالية تكمن في الاستثمار في تحسين كفاءة الطاقة التي تشكل إستراتيجية استثمارية، ولسياسة الحكومة أهمية كبيرة في نجاحها. كما أن كفاءة الطاقة ليست سياسة للمدى القصير، فهي لا تكون فعالة بالفعل إلا إذا تم تنفيذها بشكل متواصل على امتداد سنوات وعقود، خاصة إذا علمنا أن حوالي 96.5%[10] من الطاقة المستخدمة في العالم تضيع دون الاستفادة منها حسب دراسة لمجلس الطاقة العالمي.

ب) تنويع مصادر الطاقة و مصادر إمداداتها: يكتسي هذا العنصر أهمية كبيرة بالنسبة للمنتجين و المستهلكين على حد سواء حيث يتعرض الطرفان بشكل كبير لتقلبات الأسعار في أسواق الطاقة، فانخفاض الطلب على أنواع الوقود الأحفوري يشكل تحد اقتصادي للدول المنتجة و التي تعتمد مداخيلها على الصادرات من مصادر الطاقة، مما يدفع إلى الاهتمام بالتحول من اقتصاد قائم على استخراج و تصدير مصادر الطاقة الأحفورية إلى اقتصاد يقوم على الاستثمار في المصادر المتجددة المتاحة و تلك المحتملة التي يمكن تطويرها بشكل مجد اقتصاديا.

أما بالنسبة للمستهلكين فإن ذات التحول يمثل مدخلا لتعزيز أمن إمدادات الطاقة و ما يترتب عنه من تكاليف اقتصادية نتيجة لتقلبات الأسعار. و يضاف إلى تنويع مصادر الطاقة بالنسبة للمستهلكين بعد آخر يتمثل في

[9] كريستوفر فلافين، ارتفاع درجة حرارة الأرض: استراتيجية عالمية لإبطائه ، ترجمة سيد رمضان هدارة ، الطبعة الأولى، الدار الدولية للنشر والتوزيع ، القاهرة ، 1992، ص 84

[10] Elena Nekhaev, Energy for tomorrow's world, future power developments, Cornhill publications, London 2001, p 14

التنويع الجغرافي لمصادر الإمدادات بغية تخفيف تأثير انقطاع الإمدادات، سواء كان ذلك لأسباب طبيعية أو من صنع الإنسان.

ج) تقنيات الطاقات المتجددة: يكتسي التوسع في استخدام الطاقة المتجددة في العالم أهمية كبيرة، إذ لا يمكن للعالم التخطيط لمستقبله على المدى الطويل في مجال الطاقة اعتمادا على مصادر الطاقة الناضبة في مواجهة احتياجات كبيرة و متزايدة سنويا إضافة إلى توفير الطاقة الكهربائية لأكثر من ملياري شخص محرومين منها أو لا تصلهم بشكل كاف، وهذا يعني ضرورة توفير قدرات إنتاج ضخمة للطاقة مستقبلا مع الأخذ بعين الاعتبار الجوانب البيئية، و في هذا المجال تمثل الطاقة المتجددة خيارا ملائما يجب تطويره و استغلاله.

نتيجة للتطورات التكنولوجية المستمرة تعرف تكاليف إنتاج الطاقات المتجددة انخفاضا مطردا، ففي بعض المناطق تكون تكلفة إنتاج الكهرباء من هذه الأخيرة أقل من تكلفة إنتاجها من المصادر التقليدية، كما أن توافر مصادر الطاقة المتجددة محليا يعطيها ميزة اقتصادية. و إضافة إلى ذلك تمثل الوفرة الكبيرة لاحتياطيات مصادر الطاقة المتجددة عامل أمان للاقتصاد العالمي الذي لن تواجهه مشكلة في مصادر الطاقة و إنما سيواجه تغيرا في أشكال الطاقة المستخدمة و التي تحتاج إلى استثمارات كبيرة في البحث و التطوير لبناء قاعدة تكنولوجية متقدمة تساعد على الاستغلال الاقتصادي لتلك المصادر الطاقوية.

و فيما يتعلق بالطاقات الجديدة، يجري تطوير تكنولوجيات الهيدروجين الذي ينتظر أن يكون مصدر الطاقة المستقبلي غير أن الحصول على الهيدروجين ليس سهلا و هو مكلف أيضا، فالمصدر الرئيسي للهيدروجين حاليا هو الغاز الطبيعي، الذي سيؤدي استخدامه لإنتاج الهيدروجين إلى انبعاث بعض الملوثات، كما أنه مكلف وليس من الاقتصاد تحويله إلى هيدروجين في الوقت الحالي[11].

إن هذا كله يوضح أنه لا تزال هناك هوة واسعة تقنيا واقتصاديا بين الواقع والآمال المتعلقة بطاقة الهيدروجين والتي لا تزال في مراحلها الأولى وتحدياتها التكنولوجية كبيرة و اقتصادياتها محدودة و بحاجة إلى مزيد من التطوير، وبالتالي فإن إمكانياتها المستقبلية وقدرتها على الحلول محل الطاقة الأحفورية لا تزال غير متوفرة في المستقبل القريب على الأقل.

د تقنيات الوقود النظيف من مصادر الطاقة الأحفورية: سيواصل الوقود الأحفوري توفير معظم احتياجات العالم من الطاقة خلال القرن الحالي، غير أن تسارع التغيرات المناخية و تزايد حدة آثارها التي بدأت تظهر في عدة

[11] هشام الخطيب، مصادر الطاقة المتجددة: التطورات التقنية و الاقتصادية عالميا و عربيا، مؤتمر الطاقة العربي الثامن، عمان، جوان 2006، ص 23

مناطق من العالم، يوجب أن تكون استخدامات هذه الطاقات أكثر نظافة لتحقيق أمن الطاقة و استقرار المناخ، ذلك أن عملية التحول من استخدام الطاقات الأحفورية إلى الطاقات المتجددة التي بدأت تعرف توسعا عبر العالم، ستتطلب فترة طويلة تمتد على مدى عقود؛ لذلك يجب أن يتضمن هذا التغير العالمي في الطاقة مزيجا من تكنولوجيات الطاقة النظيفة كالفحم النظيف، و تقنيات عزل واحتجاز الكربون، ومحطات توليد الكهرباء العالية الكفاءة بالغاز الطبيعي. و في هذا الإطار فإن مساعدة الدول النامية في استخدام الطاقة بصورة أكثر فعالية وتطوير التكنولوجيات النظيفة و المتقدمة للطاقة سوف يمكن تلك الدول التي يتوقع أن يتزايد استهلاكها من الطاقة مستقبلا من خفض التأثيرات السلبية على البيئة و تنمية مجتمعاتها، و لتحقيق هذا الهدف لا بد من تطوير آليات تعاون وتنسيق دولي تمكن الدول النامية من الحصول على التكنولوجيا لتأمين طاقة نظيفة بتكلفة مقبولة وأداء كفء، لتنشيط النمو الاقتصادي والتنمية في المستقبل.

3- **مرتكزات سياسة الطاقة:** تستند السياسات الطاقوية في تحقيق أهدافها و المساهمة في التنمية الاقتصادية والاجتماعية على مجموعة من المرتكزات حددها مجلس الطاقة العالمي في تقريره " الطاقة من أجل عالم الغد" الصادر سنة 1993و التي يمكننا إجمالها فيما يلي:

أ) **قدرة الحصول على الطاقة accessibilité**[12] يندرج هذا العنصر ضمن أهداف تحقيق التنمية المستدامة المتعلقة بمكافحة الفقر لا سيما فقر الطاقة، الذي يمكن تعريفه بعدم القدرة على الحصول على خدمات طاقة كافية وسليمة بيئيا و ملائمة لتحقيق التنمية، و انطلاقا من أن الطلب على الطاقة طلب مشتق من الطلب على السلع و الخدمات النهائية و التي تستخدم لتلبية حاجات بشرية أساسية متعددة كالنقل و الخدمات الصحية وغيرها، فإن تحسين مستوى هذه الخدمات و بالتالي تخفيض مستويات الفقر يتطلب الرفع من قدرة السكان على الحصول على خدمات الطاقة الملائمة و بتكلفة اقتصادية مناسبة، مما يدعو إلى الاهتمام أكثر بمصادر الطاقة المحلية و اللامركزية التي تعتبر أكثر مرونة وملاءمة خاصة في المناطق الريفية والمناطق المعزولة.

و تظهر أهمية هذا الهدف بالنظر إلى تزايد تعداد سكان العالم وما يترتب عنه من ارتفاع الطلب على الخدمات الأساسية مع وجود حوالي مليار شخص في العالم لا يمكنهم الحصول على خدمات الطاقة المناسبة أو لا يحصلون عليها أصلا مما يؤثر سلبا على الإطار المعيشي لهؤلاء الأفراد، و يمتد إلى التأثير على الوسط البيئي من خلال تدهور الغطاء النباتي و ارتفاع مستويات التلوث المحلية نتيجة لاستخدام أنواع الوقود غير التجارية

[12] Gerald Doucet, Le Conseil mondial de l'énergie pour une action d'ampleur mondiale, AIEA Bulletin, REVUE TRIMESTRIELLE DE L'AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Vol 42 n° 2, Vienne, 2000, p 3

ب) وفرة مصادر الطاقة disponibilité[13] تمثل الوفرة على المدى القصير وجود مصادر الطاقة الملائمة لمختلف الاستخدامات و على المدى الطويل ضمان استمرار التموين بالطاقة و خصوصا الكهرباء التي يمكن أن يؤدي انقطاعها إلى مشاكل متعددة يتحمل المجتمع و الاقتصاد تكاليف كبيرة نتيجة لها في ظل الاعتماد الكبير و المتزايد لمجتمع المعلومات على إمدادات الطاقة الكهربائية.

يمتد مفهوم وفرة مصادر الطاقة إلى تنويع تركيبة المزيج الطاقوي حيث أنه في الوقت الراهن على الأقل كل مصادر الطاقة ضرورية لتلبية مختلف الاحتياجات البشرية و هو ما يتطلب إنتاج و استهلاك الطاقة بطرق تحافظ على البيئة المحلية و العالمية حاضرا و مستقبلا.

ج) ملاءمة مصادر الطاقة acceptabilité[14]**:** يرتبط هذا العنصر بالمخاوف البيئية المتعلقة بالتلوث الذي يهدد الصحة العامة في مختلف مناطق العالم، و التغيرات المناخية و تأثيرها على الاقتصاد خاصة في الدول النامية، وعليه فإن الحصول على مصادر طاقة ملائمة يعتبر من أهم أهداف سياسة الطاقة إلا أن ذلك لا يعني مجرد التحول من استهلاك مصادر الطاقة الأحفورية ذات المحتوى الكربوني الكبير إلى مصادر الطاقة النظيفة كالطاقة النووية والطاقات المتجددة لأن هذه المصادر بدورها تنطوي على مخاطر تتعلق بالأمن بالنسبة للطاقة النووية و عوائق تقنية و اقتصادية بالنسبة للطاقات المتجددة.

و بالتالي فإن تحقيق الملاءمة على المدى الطويل يتطلب تغييرات كبيرة في أنماط إنتاج و استهلاك الطاقة و تعديلا للسلوك الاستهلاكي و نمط الحياة السائد في الدول الغنية بالفصل بين خلق القيمة في النشاطات الاقتصادية ومستوى المعيشة المعتمد على الاستهلاك غير المحدود للموارد الطبيعية اعتمادا على ما يمكن تسميته بالجذب المتبادل بين مصادر الطاقة و التكنولوجيا.

المطلب الثالث: أبعاد سياسة الطاقة

ترتبط سياسيات الطاقة بمجموعة من الأبعاد تضفي عليها المزيد من الأهمية نوضحها على الشكل التالي:

1- البعد البيئي: تستحوذ قضية الحفاظ على البيئة ووقف تدهورها على حيز متزايد في إطار سياسات الطاقة، حيث ترتبط العديد من المشاكل التي تعرفها البيئة بصورة مباشرة بإنتاج واستهلاك الطاقة، خاصة المشاكل الشاملة كالتغيرات المناخية التي تلقى اهتماما متزايدا خاصة مع استحالة معالجتها على أساس محلي أو إقليمي وهو ما يدفع المجتمع الدولي إلى وضع إجراءات لها صبغة دولية فيما يتعلق بسياسات الطاقة مثل جدولة التوسع في

[13] Gerald Doucet, Op cit, p 3
[14] Idem

استخدام الطاقات المتجددة في إطار التنمية المستدامة على الاهتمام أكثر فأكثر بالانعكاسات البيئية لمختلف الأنشطة المتعلقة بالطاقة المنتجة من مصادر غير مضرة بالبيئة شاملة طرق الإنتاج والاستهلاك واستخدام التكنولوجيا النظيفة لتلبية الطلب المتزايد على الطاقة مع الحفاظ على توازن البيئة والحيلولة دون تدهورها.[15]

إضافة إلى مشكلة التلوث تأخذ مسألة صيانة الموارد الطبيعية والحفاظ عليها حيزا كبيرا في إطار البعد البيئي انطلاقا من بعدين أساسيين، يتعلق الأول بكون جميع مصادر الطاقة التقليدية هي مصادر ناضبة، فقد ظهرت هذه المصادر كموارد مفيدة للإنسان خلال فترة زمنية محددة وبالتالي لا بد من زمن تنضب فيه هذه الموارد.

والبعد الثاني يتعلق بزيادة استنزاف هذه الموارد المرتبط بزيادة معدل استهلاك الفرد من الطاقة بسبب الزيادة السكانية، فمعدل استهلاك الفرد من الطاقة يؤخذ كمعيار لمستوى المعيشة، فباعتبار عدد السكان متغير مستقل، فإن مستوى المعيشة يتحدد بحجم الإنتاج وعدد السكان، وبالتالي يؤدي زيادة عدد السكان بافتراض ثبات حجم الإنتاج والذي هو متغير يعتمد على استهلاك الطاقة إلى انخفاض مستوى المعيشة.

ولرفع مستوى المعيشة فلا بد من تخفيض نمو السكان حسب وجهة النظر التي تعتبر السكان عامل استهلاكي ولا تأخذ بعين الاعتبار الجانب الإنتاجي، بمعنى أن زيادة عدد السكان يمكن أن تؤدي إلى زيادة الإنتاج مما يؤدي إلى زيادة استهلاك الطاقة. وفي هذا الإطار فإن سياسة الطاقة تهتم بإيجاد التوازن الذي يحقق تلبية الاحتياجات مع استدامة قاعدة الموارد الطاقوية.

2- البعد الاقتصادي: يرتبط النمو الاقتصادي بعلاقة وثيقة بالطلب على الطاقة، حيث تتطلب عملية التنمية الاقتصادية في مختلف المجالات المزيد من إمدادات الطاقة، لهذا تحتل الاعتبارات الاقتصادية مركز الاهتمام في السياسات الطاقوية بمختلف دول العالم إلى درجة يمكن أن تتجاوز الانشغالات البيئية كما هو الحال بالبيئة للولايات المتحدة الأمريكية التي تعتبر الالتزام بتخفيض انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون يعني تخفيض استهلاك الطاقة وهذا يؤدي إلى بطئ النمو الاقتصادي، كما أن البعد الاقتصادي يمتد إلى ترشيد استهلاك موارد الطاقة بهدف تخفيض قيمة معامل المرونة الطاقوي[16] عبر تقليل الهدر وزيادة فعالية الأجهزة والعمليات الإنتاجية. وإضافة إلى ذلك فإنها تمثل موردا اقتصاديا هاما وعاملا لتوفير الموارد المالية، حيث تمثل الصادرات الطاقوية وخاصة البترول والغاز أهم موارد العملة الصعبة وأكبر مساهم في الناتج الداخلي بالنسبة للدول المنتجة و المصدرة والتي تعتمد بشكل كبير جدا على هذه الموارد لتحقيق برامجها التنموية.

[15] فاتح بن نونة، سياسة الطاقة و التحديات البيئية في ظل التنمية المستدامة، مذكرة ماجستير، جامعة ورقلة، 2008، ص 68

[16] Jeremy Rifkin, L'économie hydrogène, édition la découverte, Paris, 2002, P14

3- البعد السياسي: لقد مثل التحكم في موارد الطاقة الأحفورية أهم انشغالات الحكومات والصناعة منذ حوالي قرن، ومنذ خمسة أجيال تمثل الجيوسياسة (La géopolitique) إلى حد كبير مرادفا للسياسة البترولية. إذ أن الطاقة وبشكل خاص النفط يشكل رأس أولوية اهتمامات الكثير من الدول، ويعود ذلك حسب الكاتب ما يكل كلير في كتابه حرب الموارد إلى عاملين هما: تغير ظروف الصراع العالمي بعد الحرب الباردة، والتراجع الحاد في عرض النفط وموارد طبيعية أخرى مقابل التزايد الكبير في الطلب عليها[17].

ويشير كلير إلى أنه مع نهاية الحرب الباردة، استعادت قضية الموارد دورها الأساسي في التخطيط العسكري الأمريكي وعادت إلى ما كانت عليه خلال البيئة الإستراتيجية التي كانت سائدة في النصف الأول من القرن العشرين. ويمكن بذلك الاعتقاد بأن المعالم المحددة للقوة والنفوذ قد تغيرت منذ نهاية الحرب الباردة، فقد كان الاعتقاد السائد في الماضي هو أن القوة القومية تكمن في امتلاك ترسانة عسكرية كبيرة وتحالفات واسعة، لكنها في الوقت الراهن ترتبط بالديناميكية الاقتصادية ورعاية الإبداع التكنولوجي.

هذه المقاربة للأمن القومي المرتكز على الاقتصاد أصبحت سياسة أمريكية رسمية مع بداية العشرية الأخيرة من القرن العشرين، وأصبحت الوظيفة الأساسية للمؤسسة العسكرية الأمريكية هي حماية إمدادات الموارد؛ وليس الأمر خاص بالولايات المتحدة بل عملت الدول الكبرى كالصين، و روسيا، و اليابان، بعد نهاية الحرب الباردة على تعديل سياساتها الأمنية وفقا للأولويات الاقتصادية الجديدة، وقد ساهم في ذلك الاختفاء شبه الكامل للصراعات الإيديولوجية في العالم والزيادة الكبيرة في الطلب على النفط مع التزايد السكاني خاصة في الصين وباقي أنحاء آسيا، وأصبحت بذلك سياسة أمن الإمدادات الطاقوية محور الاهتمام السياسي و الاقتصادي العالمي.[18]

المطلب الرابع: واقع الطاقة في العالم

إن الوقوف على الآثار الاقتصادية و البيئية للطاقة تتطلب قراءة في ميزان الطاقة العالمي الذي يعطينا صورة واضحة عن أهمية مختلف مصادر الطاقة ضمن مزيج الاستهلاك، و توزيع هذا الأخير بين مناطق العالم، و بالتالي يمكن أن يرسم لنا صورة عن الضغوطات التي يعرفها نموذج الطاقة في العالم من خلال تركيبته، و مناطق الضغط،

[17] فاتح بن نونة، مرجع سابق، ص 69
[18] نفسه

والتوجهات التي يمكن أن يأخذ مشهد الطاقة لمواجهة متطلبات التنمية، و الخيارات الاقتصادية، و التكنولوجية اللازمة لذلك.

1- إنتاج الطاقة الأولية في العالم:

أ) مصادر الطاقة الأحفورية:

- **النفط:** يعرف إنتاج النفط نموا مطردا منذ اكتشافه، عدا بعض فترات الانخفاض التي شهدها الإنتاج بعد ارتفاع الأسعار سنة 1973 وعقب الصدمة النفطية الثانية سنة 1979 كما تراجع الإنتاج سنة 1991 نظرا لتراجع إنتاج الإتحاد السوفياتي السابق بسبب الظروف السياسية، و عدا تلك الفترات من التراجع فإن الإنتاج النفطي استمر في التزايد حيث تجاوز سقف 80 مليون برميل يوميا لأول مرة سنة 2004 بزيادة تفوق 3 مليون برميل عن مستوى الإنتاج سنة 2003 و قد جاءت معظم هذه الزيادة من دول أوبك التي زاد إنتاجها بما يقارب 2.2 مليون برميل يوميا و التي تمثل 67 % من الزيادة الكلية لسنة 2004 وبذلك ارتفعت حصتها من الإنتاج العالمي من 38.5 % سنة 2003 إلى 39.8 % سنة 2004[19] لتصل حصتها في سنة 2013 إلى 42.1% من الإنتاج العالمي الذي بلغ 86.754 مليون برميل يوميا.[20]

- **الغاز الطبيعي:** ارتفع الإنتاج العالمي من الغاز الطبيعي تماشيا مع زيادة الطلب عليه و ارتفاع حصته من إجمالي الطاقة الأولية إضافة إلى الطلب عليه كمصدر لإنتاج الكهرباء و كمدخل أساسي في العديد من الصناعات الكيميائية و البتروكيميائية.

وقد تزايد إنتاج الغاز الطبيعي عبر مختلف مناطق العالم خاصة في منطقة أمريكا الشمالية حيث يعرف إنتاج الولايات المتحدة الأمريكية نموا مستمرا منذ منتصف العشرية الماضية، بعد أن شهد تراجعا خلال النصف الأول من ذات العشرية لتصبح بذلك أكبر منتج للغاز الطبيعي في العالم متفوقة على روسيا ابتداء من سنة 2009 بإنتاج بلغ 687.6 مليار متر مكعب ما يعادل 20.6 % من الإنتاج العالمي في سنة 2013، أما منطقة الشرق الأوسط و شمال إفريقيا فإن مساهمتها في الإنتاج العالمي تبقى متواضعة رغم احتياطياتها الضخمة إذ بلغ

[19] فاتح بن نونة، مرجع سابق، ص ص 23، 24

[20] BP, http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/Energy-economics/statistical-review-2014/BP-statistical-review-of-world-energy-2014-full-report.pdf. consulté le: 16/02/2015

إنتاج الدول الرئيسية في المنطقة و هي إيران، قطر، السعودية و الجزائر على الترتيب 4.9 % ، 4.7 %، 3 % و 2.3% من الإنتاج العالمي سنة 2013.[21]

- **الفحم الحجري:** عرف إنتاج الفحم في العالم نموا كبيرا خاصة عقب أزمة 1973 حيث تزايد عليه الطلب خاصة في قطاع توليد الكهرباء، و نظرا لوقوع معظم احتياطياته في الدول الصناعية و التي تعتبر أكبر مستهلك له فإنها تعمل على تطوير استخداماته و كذلك تطوير تكنولوجيات تحويله إلى طاقة نظيفة بالتالي زيادة إنتاجه.

و تأتي الصين في طليعة الدول المنتجة للفحم عالميا بـ 47.4 % من الإنتاج العالمي سنة 2013 متبوعة بالولايات المتحدة الأمريكية بـ 12.9 % من الإنتاج العالمي الذي بلغ 3881.4 مليون طن مكافئ نفط[22]، وتشير بعض التوقعات إلى أن إنتاج الفحم سيشهد تزايدا خلال ثلاثين سنة القادمة بسبب زيادة الطلب خاصة في منطقة آسيا و على رأسها الصين.

جدول رقم (1-1): الإنتاج العالمي من الطاقة الأولية 2010

الوحدة: م ط م ن

مصدر الطاقة	الإنتاج	النسبة %
النفط	4120	32.4
الفحم	3740	27.3
الغاز الطبيعي	2720	21.4
الطاقة النووية	725	5.7
الطاقة الكهرومائية	292	2.3
الطاقات المتجددة و النفايات	1836	10.9
المجموع	13433	100

Source: International Energy Agency, Key World Energy Statistics,2012

[21] BP, statistical review of world energy 2014, Op cit, p 22
[22] Idem, p 32

- **الطاقة النووية:** شهدت الطاقة النووية نموا كبيرا خلال فترة السبعينيات و بداية الثمانينيات من القرن العشرين و بلغ متوسط نموها السنوي بين 1970 و 1975 حوالي 30 %، و قد تراجع نموها خلال الثمانينيات نظرا للمعارضة الشعبية بسبب الحوادث مثل حادثة الأميال الثلاثة في الولايات المتحدة سنة 1979 و حادثة تشرنوبيل سنة 1986 في أوكرانيا إضافة إلى ارتفاع التكاليف الرأسمالية للمفاعلات.[23]

بلغ إنتاج الطاقة النووية في العالم خلال سنة 2013 ما يعادل 563.2 مليون طن مكافئ نفط، وتشكل الطاقة النووية موردا هاما في توليد الكهرباء في العديد من الدول خاصة الولايات المتحدة الأمريكية وفرنسا التي أنتجت كل منهما على التوالي 33,4 % و 17 % من الإنتاج العالمي للطاقة النووية في سنة 2013.[24]

ب) مصادر الطاقة المتجددة: تتزايد أهمية الطاقات المتجددة بجميع مصادرها في إنتاج الطاقة على مستوى العالم، حيث تمثل الطاقة الكهرومائية و طاقة الكتلة الحيوية حوالي 15.2 % من إنتاج الطاقة الإجمالي في العالم[25]، غير أن دورها على العموم لازال ثانويا، فمعظم هذه الطاقات باستثناء الطاقة الكهرومائية مازالت بحاجة إلى المزيد التطور التقني و الاقتصادي.

- **طاقة الكتلة الحيوية:** تمثل طاقة الكتلة الحيوية أهم مصادر الطاقة المتجددة من حيث مساهمتها في تلبية الطلب العالمي على الطاقة، حيث بلغت مساهمتها مع مطلع القرن الحالي حوالي 10.4 % و قد استهلك العالم ما يعادل 1119 مليون طن مكافئ نفط من الطاقة الحيوية سنة 2002، و من المتوقع أن يصل الاستهلاك إلى أكثر من 1600 مليون طن مكافئ نفط بحلول سنة 2030.[26]

و يشير تقرير لمنظمة الزراعة و الأغذية (FAO)، إلى أنه خلال 15 إلى 20 سنة المقبلة سيكون هناك أنواع من الوقود الحيوي توفر حوالي 25 % [27] من احتياجات الطاقة العالمية، و هو ما يمكن أن يؤدي إلى زيادة الضغط على الموارد الزراعية.

---

[23] فاتح بن نونة، مرجع سابق، ص 30

[24] BP, statistical review of world energy 2014, Op cit, p 35

[25] هشام الخطيب، مصادر الطاقة المتجددة:التطورات التقنية والاقتصادية عالميا وعربيا، مؤتمر الطاقة العربي الثامن، عمان، جوان 2006، ص11

[26] نفسه، ص 23

[27] صندوق النقد الدولي، مجلة التمويل و التنمية، المجلد 43 ، العدد 2، جوان 2006 ، واشنطن 2006، ص 3

- **الطاقة الكهرومائية:** تمثل الطاقة الكهرومائية مصدرا أساسيا من مصادر الطاقة المتجددة و تلعب دورا كبيرا في إمدادات الطاقة الأولية في العالم، و قد بلغ إنتاج العالم من هذا المصدر خلال سنة 2013 ما مقداره 855.8 مليون طن مكافئ نفط، و يتوزع إنتاجها بشكل متساوي تقريبا بين مناطق العالم ما عدا منطقتي الشرق الأوسط و إفريقيا اللتان تنتجان أقل من 4 % من مجموع الإنتاج العالمي.

- **طاقة الرياح:** يتزايد دور طاقة الرياح في توليد الكهرباء سنويا بمعدل 13 % و بلغ الإنتاج حوالي 65 جيغاواط خلال سنة 2005 و يتوقع أن تصل مساهمتها إلى حوالي 930 جيغاواط في 2030،[28]

- **الطاقة الشمسية:** تعرف الطاقة الشمسية نموا سريعا يفوق 30 % سنويا، غير أن مساهمتها ضمن الطاقات المتجددة متواضعة حيث بلغت هذه المساهمة مع بداية القرن الحالي حوالي 0.3 % من إجمالي الطاقات المتجددة.[29]

- **الطاقة الجوفية الحرارية:** يعرف استخدام الطاقة الجوفية الحرارية تزايدا خاصة في مجال التدفئة و التكييف ويمكن استغلال هذا المورد من تخفيض استخدام الوقود الأحفوري للأغراض السابقة الذكر، و استنادا إلى معطيات مجلس الطاقة العالمي فقد بلغت طاقة الحرارة الجوفية المركبة في العالم 8200 ميغاواط نهاية سنة 2002.

2- الاستهلاك العالمي من الطاقة الأولية:

يعرف استهلاك العالم من مختلف مصادر الطاقة الأولية نموا من سنة لأخرى فمنذ بداية القرن الحالي بلغ متوسط نمو الاستهلاك العالمي من الطاقة الأولية 2.6% سنويا، و قد استهلك العالم في سنة 2012 من مختلف مصادر الطاقة الأولية 12476.6 م ط م ن.[30]

تسيطر مصادر الطاقة الأحفورية على معظم هذا الاستهلاك بما يقارب 90% و يبقى النفط المصدر الأول للطاقة المستهلكة في العالم بـ 33.1% مع تراجع حصته ضمن إجمالي الطاقة الأولية المستهلكة بصورة متواصلة منذ مطلع القرن الحالي مقابل ارتفاع حصة الفحم الحجري التي بلغت 29.9% متبوعا بالغاز الطبيعي الذي تبلغ مساهمته 23.9% من استهلاك الطاقة الأولية عبر العالم. فيما لا تزال مساهمة مصادر الطاقة المتجددة متواضعة في إجمالي استهلاك العالم من مصادر الطاقة الأولية بحوالي 2% رغم أن استهلاكها يبقى الأسرع نموا من بين بقية مصادر الطاقة الأولية.

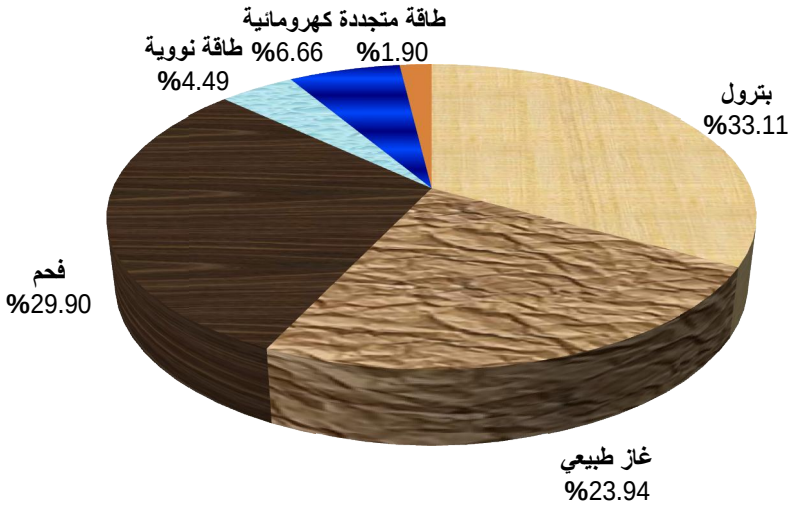
---

[28] هشام الخطيب، مرجع سابق، ص 14

[29] Commission des comptes et d'économie de l'environnement (CCEE), **énergie et environnement**, éditions ifen, Paris 2003, p 21

[30] BP, BP statistical review of world energy, London, 2013, p 2

شكل رقم(1-1): توزيع الاستهلاك العالمي من مصادر الطاقة الأولية 2012



المصدر: من إعداد الباحث اعتمادا على معطيات BP Statistical Review of World Energy 2013

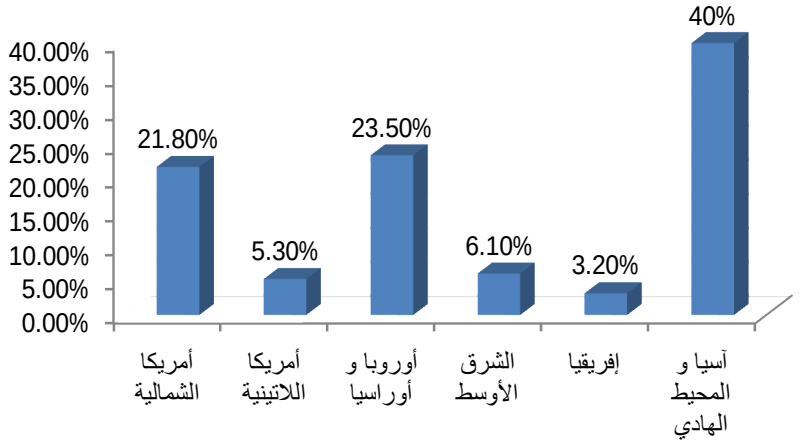
في آفاق سنة 2030 يتوقع أن يرتفع استهلاك الطاقة الأولية في العالم بنسبة 36% مقارنة بسنة 2011 حيث من المتوقع أن ينمو الاستهلاك بمعدل 1.6% سنويا خلال الفترة 2011 إلى 2030 تماشيا مع النمو الديمغرافي و النمو الاقتصادي المتوقع، فبحلول سنة 2030 ينتظر أن يبلغ سكان العالم 8.3 مليار نسمة أي بزيادة حوالي 1.3 مليار نسمة عن العدد الحالي ليرتفع هذا العدد إلى حوالي 9.2 مليار نسمة بحلول سنة 2050، كما يتوقع أن يبلغ الناتج العالمي ضعف قيمة الناتج المسجلة سنة 2011، معظم هذا النمو سيكون مصدره الدول النامية و الاقتصادات الصاعدة التي ستساهم بـ 90% من الزيادة السكانية و حوالي 70% من الزيادة في الناتج العالمي كما ستسجل 90% من زيادة استهلاك الطاقة و ذلك بفعل النمو الاقتصادي السريع الذي تعرفه الدول النامية خاصة الهند و الصين (معدل نمو مابين 8% إلى 10%) و تحول أنماط المعيشة بارتفاع تعداد سكان المدن إلى ثلثي سكان العالم مقابل نصف عدد السكان حاليا ما يتطلب توفير المزيد من إمدادات الطاقة لتلبية الاحتياجات المختلفة لهؤلاء السكان.[31]

3- توزيع الاستهلاك عبر المناطق و القطاعات الاقتصادية: يتباين استهلاك الطاقة بين مختلف مناطق العالم والقطاعات الاقتصادية و الذي نبينه فيما يلي:

[31] Alexandre Rojey, ENERGIE ET CLIMAT, Edition TECHNIP, Paris, 2008, p 34

أ) توزيع استهلاك الطاقة عبر مناطق العالم: يعرف توزيع استهلاك الطاقة بين مختلف مناطق العالم توزيعا غير متوازن حيث يتركز الاستهلاك في الدول المتقدمة غير أن مركز ثقل الاستهلاك العالمي انتقل ابتداءا من سنة 2010 من الولايات المتحدة الأمريكية إلى الصين اللتين استهلكت كل منهما على التوالي 17.7% و21.9% من الاستهلاك العالمي في 2012 و يعرف الاستهلاك الأمريكي تراجعا منذ 2010 بأكثر من 2% سنويا مقابل التنامي المطرد للاستهلاك الصيني بأكثر من 7% سنويا.[32] وبالنظر إلى متوسط استهلاك الفرد من الطاقة نجد أن كثافة الاستهلاك تبقى تتركز في الدول المتقدمة و في مقدمتها الولايات المتحدة الأمريكية التي يبلغ متوسط استهلاك الفرد بها 7.15 ط م ن أي حوالي أربعة أضعاف المتوسط العالمي الذي يبلغ 1.8 ط م ن و يستهلك الفرد الأوروبي و الياباني أكثر من ضعفي هذا المتوسط بينما لا يستهلك الفرد في إفريقيا و آسيا سوى ثلث متوسط الاستهلاك العالمي، ما يعني أن شريحة كبيرة من سكان العالم لا يحصلون على إمدادات الطاقة الكافية والملائمة يصل عددهم إلى حوالي مليار شخص حسب تقارير لجهات دولية مختلفة.

شكل رقم (1-2): توزيع استهلاك الطاقة الأولية حسب المناطق في العالم 2012



المصدر: من إعداد الباحث اعتمادا على معطيات BP Statistical Review of World Energy 2013

ب) توزيع الاستهلاك بين القطاعات الاقتصادية: تستهلك قطاعات النشاط الاقتصادي كميات متفاوتة من مصادر الطاقة المختلفة، و تتغير نسب الاستهلاك بشكل مستمر عبر الزمن تماشيا مع متطلبات التنمية

[32] voir: BP statistical review of world energy 2013, op cit

الاقتصادية و الاجتماعية و التطورات التكنولوجية التي تعرفها قطاعات النشاط الاقتصادي لمواكبة الاحتياجات المتغيرة للسكان.

في نهاية السبعينيات من القرن العشرين كان هناك نوع من التوازن في أهم القطاعات المستهلكة المتمثلة في قطاع الصناعة، قطاع النقل و قطاع إنتاج الكهرباء التي كانت تستهلك حوالي 30% لكل منها، بينما بلغ نصيب القطاع المنزلي و الخدمات حوالي 10%، و في الوقت الحالي تبقى هذه القطاعات الأكثر استهلاكا للطاقة إذ يستحوذ قطاع إنتاج الكهرباء على حوالي 40% من استهلاك الطاقة الأولية و تشير توقعات وكالة الطاقة الدولية إلى أن قطاع النقل سيكون ثاني أكبر قطاع مستهلك للطاقة بعد قطاع إنتاج الكهرباء في آفاق سنة 2030.

ويمكن إرجاع السبب في ضخامة الاستهلاك في قطاعي إنتاج الكهرباء و النقل إلى تدني كفاءة الاستخدام الذي يعبر عنه اقتصاديا بالمردودية (المدخلات\المخرجات) فمثلا تبلغ الكفاءة الطاقوية لقطاع إنتاج الكهرباء 30%[33] أي أن كل وحدة حرارية من الطاقة الأولية مستخدمة لإنتاج الكهرباء يتم تحويل 30% فقط إلى كهرباء وتضيع 70% (أكثر من ضعف الكمية المحولة) في شكل نواتج ثانوية لعملية التوليد.

جدول رقم (1-2): استهلاك الطاقة حسب القطاعات في العالم و توقعاتها 2000 – 2030

الوحدة: م ط م ن

	إنتاج الكهرباء	القطاع الصناعي	قطاع النقل	قطاعات أخرى
2000	3636	2102	1775	1954
2020	5559	2862	2749	2762
2030	6535	3241	3327	3221

Source : Francis Meunier, Domestiquer l’effet de serre, DUNOD, Paris, 2005, p 40

[33] Francis Meunier, Domestiquer l’effet de serre, DUNOD, Paris, 2005, p 39

المبحث الثاني:مشكلة الطاقة وتحدياتها

يعيش العالم حاليا العديد من المشاكل و التوترات المرتبطة بالطاقة و التي تتعلق أساسا بمزيج الطاقة الحالي الذي تسيطر مصادر الطاقة الأحفورية على مجمل تركيبته و ما يخلفه ذلك من انعكاسات آنية و محتملة تتبدى في العديد من المظاهر التي تطرح مجموعة من التحديات أمام التخطيط المستقبلي لتغطية الاحتياجات العالمية من الطاقة.

المطلب الأول: مشكلة الطاقة و أبعادها

تطرح مصادر الطاقة باستمرار تحديات في مواجهة التنمية في العالم عبر مختلف مراحل تطور المجتمع البشري، و في وقتنا الحالي تنبع مشكلة الطاقة بأبعادها المختلفة من طبيعة مزيج الطاقة السائد في العالم اليوم.

1- توصيف مشكلة الطاقة: تمثل الطاقة بمختلف أنواعها القوة الدافعة للتنمية عبر الزمن حيث كانت النظم الاجتماعية و مستويات الإنتاج و التكنولوجيا تتحدد بمستوى الطاقة المتمثل في مصادر الطاقة المتوفرة و أنماط التكنولوجيا القادرة على استغلالها خلال فترة معينة. و يؤدي اختلال ميزان الطاقة إلى الانتقال من مستوى طاقوي إلى مستوى آخر، و هذا الإختلال لا يحدث بصورة آنية و إنما تظهر المشكلة بصورة أولية و تتفاقم مع مرور الزمن و يبدأ البحث عن البديل الذي يتبلور تحت ضغط مجموعة من العوامل الاقتصادية و الاجتماعية و التقنية ليصبح قابلا للاستغلال بما يتلاءم مع التكنولوجيا.

و عليه فإن مشكلة الطاقة في جوهرها مشكلة تكنولوجيا أكثر من كونها مشكلة موارد حيث أن الحاجة إلى الطاقة آنية بينما تحتاج أنماط العرض و الطلب و قرارات الاستثمار في البنية التحتية اللازمة إلى فترة زمنية لتتلاءم مع مصدر الطاقة و ليتلاءم هذا الأخير مع التكنولوجيا. أما في وقتنا الحالة فإن مشكلة الطاقة تتلخص في الانتقال من نموذج الطاقة القائم على موارد ناضبة و ملوثة إلى نموذج يقوم على موارد متجددة و ملائمة بيئيا واقتصاديا، و التحدي يكمن في إيجاد بدائل تكون على الأقل بنفس الكفاءة و المرونة التي يتميز بها النفط وبالتالي خلق تكنولوجيا تمكن من الاستفادة من النظم الطبيعية المختلفة للحصول على مصادر الطاقة الملائمة.

2- أبعاد مشكلة الطاقة الراهنة: من خلال استعراضنا لتوصيف مشكلة الطاقة في العالم يمكننا الوقوف على بعض الأبعاد الأساسية لهذه المشكلة و التي نوضحها فيما يلي:

أ) نموذج قائم على موارد غير متجددة: يتميز نموذج الطاقة الحالي بهيمنة مصادر الطاقة الأحفورية على مجمل تركيبته حيث بلغت مساهمتها من إجمالي استهلاك العالم من الطاقة الأولية سنة 1992 حوالي 95 % من المزيج الطاقوي المكون أساسا من الطاقات الأحفورية و بدرجة أقل الطاقة النووية و الكهرومائية.[34]

على امتداد القرن العشرين شكل النفط و لا يزال المصدر الرئيسي للطاقة في العالم، فرغم سياسات تنويع المصادر الطاقوية التي تنامت عقب الصدمة النفطية الأولى سنة 1973 و التي أدت إلى تخفيض مساهمته من 45% في تلك الفترة إلى 35 % مع مطلع القرن الحالي إلا أنه يبقى المصدر الأول للطاقة، فيما يبقى الفحم الحجري الذي ارتبط بالثورة الصناعية خلال القرن التاسع عشر مكونا أساسيا لميزان الطاقة العالمي حيث يحتل المرتبة الثانية بعد النفط، و قد عرف استهلاكه تزايدا منذ 1973 رغم تراجع حصته من إجمالي الاستهلاك. وعلى العكس من ذلك فإن الغاز الطبيعي يشهد توسعا في الاستخدام يترافق مع زيادة حصته ضمن مصادر الإمدادات الطاقوية نتيجة لاعتماده كوقود بديل للنفط منذ 1973[35]. و يبدو أن هذا السيناريو سيستمر خلال القرن الحالي، فرغم بعض الارتفاع في استهلاك الطاقات المتجددة، تبقى الطاقة الأحفورية العنصر المسيطر على هيكل الاستهلاك العالمي بحوالي 80% من إجمالي استهلاك العالمي مع مطلع القرن الحالي.

و مما سبق نجد أن هذا النموذج مهدد بندرة هذه الموارد أو نضوبها في المدى الطويل حيث أن استمرار استغلالها بالمستوى الحالي سيؤدي إلى نضوبها في حدود 200 سنة بالنسبة لاحتياطيات الفحم الحجري و 40 سنة بالنسبة للنفط و 60 سنة للغاز الطبيعي و اليورانيوم.[36] و بالرغم من أن التقييم المستمر للاحتياطات الطاقوية الأحفورية يبين بعض الزيادة في الاحتياطيات، إلا أنه من الواضح أن هناك حدودا لتوفرها تجعلها في النهاية قابلة للنضوب مع وجود تفاوت بين المناطق المختلفة في العالم للمدة المقدرة لنفاذ تلك الاحتياطيات.

ب) تزايد تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو: يرتبط نموذج الطاقة الحالي بصورة مباشرة مع مشاكل بيئية كثيرة ولعل أكثرها ارتباطا به، الارتفاع المتزايد لتركيز غاز ثاني أكسيد الكربون الذي ينعكس على تسارع التغيرات المناخية العالمية، فمنذ سنة 1750 عرف تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو ارتفاعا بـ 30 % ، وحسب الخبراء فإن الأرض لم تشهد هذا المستوى من ثاني أكسيد الكربون منذ 420 ألف سنة[37]

---

[34] OCDE, Energie: les cinquante prochaine années, Paris 1999, p 77

[35] CCEE, Op. Cit. p 20

[36] نجاة النيش، الطاقة و البيئة و التنمية المستدامة: آفاق و مستجدات، المعهد العربي للتخطيط، الكويت ، جوان 2001، ص4

[37] José Romero et Kaspar Meuli, **La fièvre monte inexorablement**, ENVIRONNEMENT, Op. Cit. p 6

و يعود هذا الارتفاع بشكل أساسي إلى عاملين اثنين و هما احتراق كميات متزايدة من الوقود الأحفوري بالموازاة مع نمو النشاط الاقتصادي من جهة، و إزالة الغابات من جهة أخرى، و يمثل استهلاك الوقود الأحفوري ما يقارب ثلاثة أرباع الانبعاثات ذات المصدر البشري؛ و قد تبين من بعض الدراسات أن نسبة ثاني أكسيد الكربون في الجو قد بلغت في نهاية القرن الثامن عشر حوالي 260 جزءا في المليون، و ارتفعت إلى 290 جزء من المليون لتصل إلى 345 جزءا من المليون نهاية سنة 1984، كما تبين بعض الدراسات أن هذا التركيز يأخذ منحى تصاعديا مع زيادة كمية الوقود المستخدمة و زيادة مساحة الغابات التي تفقد سنويا لأغراض متعددة.[38]

ج) توزيع غير متوازن للموارد الطاقوية: يشير المجلس العالمي للطاقة في تقرير له صدر سنة 1997 إلى انعدام التوازن في توزيع مصادر الطاقة على السكان بين مختلف مناطق العالم حيث أن حوالي 40 % من سكان العالم ويعيش معظمهم في الدول النامية لم تصل إليهم بعد خدمات الطاقة[39]؛ و تحت ضغط النمو الديمغرافي في الدول النامية، فإن أعداد السكان الذين لا يستفيدون من خدمات الطاقة مرشحة للارتفاع في المستقبل، و هو ما اعتبره مدير البنك الدولي أزمة عالمية في الطاقة و أضاف أن "الحرمان من الطاقة على ذلك النطاق هو عقبة خطيرة في وجه التنمية"[40]

بالإضافة إلى الحرمان من الطاقة فإن استهلاك الفرد من الطاقة يتباين بشكل كبير بين مناطق العالم المختلفة، فبينما بلغ المتوسط العالمي لاستهلاك الفرد من الطاقة الأولية 1.6 ط.م.ن/سنة، حسب تقديرات سنة 1998، نجد أن هناك فروقات كبيرة عن هذا المتوسط، حيث نجد المتوسط للفرد الأمريكي هو الأعلى بـ 8 ط.م.ن/السنة، مقارنة بالفرد الأوروبي الذي يبلغ متوسط استهلاكه 3.8 ط.م.ن/السنة و الفرد الياباني والروسي بـ 4 طن، فيما نجد هذا المتوسط متدني جدا في الدول النامية، فمتوسط استهلاك الفرد الصيني مثلا بلغ 0.8 ط.م.ن/السنة، بينما لا يستهلك الفرد الهندي سوى 0.5 ط.م.ن/السنة[41].

المطلب الثاني: أهم مظاهر مشكلة الطاقة الراهنة

تتجسد مشكلة الطاقة الراهنة و المرتبطة بنموذج الطاقة الحالي في مجموعة من المظاهر التي تختلف أهميتها و حدتها من فترة لأخرى و من مكان لآخر، غير أن أهم هذه المظاهر وأكثرها حضورا ما يلي.

[38] أحمد مدحت إسلام، **الطاقة و تلوث البيئة**، دار الفكر العربي، القاهرة 1999، ص 44

[39] Commission des communautés européennes, livre vert : une stratégie européenne pour une énergie sure, compétitive et durable, Bruxelles, mars 2006

[40] فاتح بن نونة، مرجع سابق، ص 35

[41] نفسه

1- اضطرابات أمن الإمدادات: أدى الارتباط بين النمو الاقتصادي واستهلاك الطاقة إلى الاهتمام بأمن الإمدادات و هو ما انعكس فيما يمكن أن نسميه تفضيل الوقود الأحفوري في بعض الاقتصاديات الكبرى و على رأسها الاقتصاد الأمريكي، هذا الأمر ولد مخاوف من الانقطاع المفاجئ للإمدادات النفطية سواء لأسباب بشرية أو طبيعية، و حالة من عدم التأكد حول كفاية الإمدادات النفطية و اختلال التوازن النسبي بين الاستهلاك وحجم الإمدادات، كما يمثل النمو الاقتصادي المتسارع للصين والهند الذي يبلغ 8 % سنويا إضافة إلى الزيادات السكانية الكبيرة عاملي ضغط كبيرين في زيادة الطلب على الطاقة، حيث تضاعف الاستهلاك الصيني خلال سنوات التسعينيات مدفوعا بنمو اقتصادي كبير مماثل للنمو الذي شهدته الاقتصاديات الغربية بعد الحرب العالمية الثانية حيث بلغ 10 % سنة 2003 و تحولت الصين من مصدر للنفط إلى أكبر مستورد له حاليا حيث تغطي ثلث احتياجاتها عن طريق الواردات.[42] و في ظل محدودية العرض خاصة على ضوء التنبوءات ببلوغ ذروة الإنتاج النفطي مع مطلع القرن الحالي حسب تقرير نادي روما "حدود النمو" اصبح هناك نوع من التسابق بين القوى الكبرى على تأمين مصادر امداداتها عبر مناطق مختلفة من العالم منذ بداية التسعينيات من القرن الماضي و قد ساهم في ذلك نهاية الحرب الباردة واختفاء الصراعات الأيدلوجية و بوادر تراجع عرض موارد طبيعية عديدة وبالتالي استعادت قضية الموارد دورها الرئيسي في التخطيط الإستراتيجي للقوى الاقتصادية الكبرى و يظهر ذلك في التنافس الأمريكي الصيني و الأوروبي على أهم مناطق الإنتاج النفطي علاوة على أن القوة العسكرية الأمريكية أصبحت وظيفتها الأساسية هي حماية إمدادات الموارد النفطية منذ مطلع القرن الحالي.

وتزايد الاهتمام بمسألة أمن إمدادات الطاقة منذ الصدمة النفطية الأولى سنة 1973 أين استخدمت الدول العربية النفط كأداة ضغط على الدول الغربية المؤيدة للكيان الصهيوني، مما دفع هذه الدول إلى العمل على تأمين احتياجاتها من الطاقة عن طريق التنويع الجغرافي للإمدادات خارج منطقة الشرق الأوسط وتنمية مصادر الطاقة البديلة. كما يعيد النزاع بين روسيا و أوكرانيا قضية أمن إمدادات الغاز الروسي نحو أوروبا إلى الواجهة.

2- الاحتباس الحراري و التغيرات المناخية: أعطى تأثير الوقود الأحفوري على البيئة بعدا آخر لمشكلة الطاقة لا تقل أهمية عن قضية أمن الإمدادات، حيث تهيمن الهواجس البيئية على مختلف مراحل إنتاج و استهلاك الطاقات الأحفورية، إلا أن الاهتمام العالمي ينصب على مسألة التغيرات المناخية التي تلقى اهتماما متزايدا على المستوى العالمي في السنوات الأخيرة حيث أصبحت تمثل أولوية الاهتمامات الدولية و القضية الأولى لكل

[42] Albert clo, La nouvelle crise pétrolière quelle clé de lecture ? Med énergie N°: 14 Alger, 2005, P 13

المؤتمرات الاقتصادية و العلمية العالمية لما يترتب عنها من انعكاسات خطيرة على الأرض، لا يمكن عكسها غالبا، و يخشى العلماء من أنها يمكن أن تقود الأرض إلى حافة الهاوية، إذ يعتبرها بعض العلماء أشد من المخاطر النووية.

تشكل ظاهرة الاحتباس الحراري مصدر قلق على النطاق العالمي، و في حالة عدم اتخاذ إجراءات حاسمة لخفض انبعاث الغازات المسببة للظاهرة فإن ذلك سيؤدي إلى تفاقم هذه الظاهرة و السير بسرعة نحو تغير مناخي يتسم بارتفاع حرارة الأرض و ما يترتب عنها من عواقب على المناخ والبيئة و التنمية و التي بدأت تعرفها بعض المناطق في العالم، إذ تشير بعض الدراسات العلمية إلى أن درجات الحرارة في مناطق مختلفة من العالم سترتفع بمقدار ضعف ما تتوقعه الدراسات المناخية، وتشير تلك الدراسات إلى أن تزايد انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون قد يؤدي إلى الاندثار الكمي للغابات، و ارتفاع مستوى مياه البحار، و من شأن ذلك أن يزيد من حدة التغيرات البيئية و بالتالي انخفاض مستوى الإنتاج الزراعي في العالم و ما يترتب عنه من مشاكل اقتصادية و اجتماعية.

و كنتيجة للتغيرات المناخية يشهد العالم مجموعة كبيرة من الآثار البيئية التي تزداد حدة و منها:

- ذوبان الجليد وتراجع الغطاء الثلجي في الكثير من المناطق وارتفاع مستوى مياه البحر الذي يمثل أكثر انعكاسات التغير المناخي مأساوية إذ يؤدي إلى اختفاء العديد من الجزر الصغيرة المهددة كجزر المالديف و مناطق واسعة من بنغلاديش تصل إلى 17 % من مساحتها، و حوالي 2000 كيلومتر مربع من الأراضي الزراعية في المناطق الساحلية المصرية و مناطق من بريطانيا، ويتوقع أن يصل الارتفاع إلى ما بين 9 إلى 88 سنتيمتر[43] مما يهدد بإغراق مناطق كاملة من اليابسة.

- تزايد حدة الكوارث المناخية كالجفاف و العواصف و الفيضانات خاصة في الدول النامية من موجات الجفاف التي تضرب شرق إفريقيا إلى الفيضانات التي تجتاح جنوب شرق آسيا و ما ينجم عنها من خسائر مادية و بشرية باهظة، حيث تقدر الخسائر البشرية بـ 100 ألف شخص سنويا والتكاليف الاقتصادية بأكثر من 275 مليار دولار ويمكن أن تتجاوز هذه التكاليف 300 مليار دولار سنويا بحلول 2050 ما لم يتم اتخاذ تدابير لمواجهة الآثار المحتملة لتغير المناخ.[44]

[43] José Romero, Op. Cit. p 4

[44] فاتح بن نونة، مرجع سابق، ص 56

المطلب الثالث: تقلبات أسعار النفط

يمثل النفط العمود الفقري لنموذج الطاقة المعاصر الذي يعتمد عليه الاقتصاد العالمي، و من ثم فإن أي اضطراب في أسواق النفط سيكون له تأثير على حركة الاقتصاد مما يعمق من حجم مشكلة الطاقة.

1- ارتفاع أسعار النفط الخام: لقد أدى الاستقرار في أسعار النفط من منتصف الثمانينيات إلى نهاية القرن العشرين إلى الاعتقاد بعدم مواجهة مشاكل في أسواق الطاقة، فسعر النفط الخام مستقر في حدود 20 دولار للبرميل مع وجود إمدادات كافية خلال تلك الفترة؛ غير أن أسعار النفط عرفت ارتفاعا إلى مستويات قياسية منذ مطلع القرن الحالي، حيث ارتفعت من 24.35 دولار للبرميل إلى 104.01 دولار للبرميل في سنة 2011 لتقارب مستوى 128 دولار للبرميل في مارس 2012 ما يوازي معدل نمو سنوي متوسط قدره 12.58%

و أخذت الأسعار منحى تصاعديا تدريجيا مع بداية 2002 نظرا لعدة عوامل أهمها عدم الاستقرار في منطقة الشرق الأوسط و الاضطرابات التي شهدتها فنزويلا. و تظهر معدلات النمو الزيادة السريعة و الكبيرة لأسعار النفط خاصة خلال الفترة 2001 – 2005 حيث سجلت سنة 2005 أعلى نسبة زيادة بلغت 41.50% مقارنة بالسنة السابقة.

و على العكس من الإتجاه العام لأسعار النفط شهدت سنة 2009 انخفاضا في الأسعار حيث بلغ متوسط السعر السنوي 61.76 دولار للبرميل بانخفاض تجاوز 35 دولار مقارنة بمتوسط السعر لسنة 2008 و ذلك بفعل الركود الذي شهده الاقتصاد العالمي نتيجة للأزمة المالية العالمية.

جدول رقم (1-3): تطور أسعار النفط الخام القياسية 2001-2011

الوحدة: دولار للبرميل

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
متوسط السعر	24.35	24.93	28.90	37.73	53.39	64.29	71.12	96.99	61.76	79.04	104.01
خام برنت	24.42	24.97	28.85	38.30	54.43	65.39	72.70	97.64	61.86	79.64	110.94
خام دبي	22.71	23.72	26.74	33.46	49.29	61.43	68.37	93.78	61.75	78.06	106.03
خام غرب تكساس	25.92	26.09	31.11	41.44	56.44	66.04	72.28	99.56	61.65	79.43	95.05
معدل النمو السنوي %		2.38	15.92	30.55	41.50	20.41	10.62	36.37	(36.32)	27.97	31.59

المصدر: من إعداد الباحث اعتمادا على معطيات World Bank Commodity Price Data

http://databank.worldbank.org/data/databases/commodity-price-data consulté le:14/06/2014

2- تذبذب أسعار النفط: يبين تحليل تطور أسعار النفط وجود حالة من عدم الاستقرار في الأسعار، مما يزيد من حالة عدم التأكد و يؤثر على مستويات الطلب و على قرارات المنتجين و المستهلكين التي لا تعتمد على مستويات الأسعار فقط وإنما على مستوى تقلبها أيضا، و الذي يعكس حالة من عدم الوضوح و عدم الثقة في مستقبل الأسواق؛ و الملاحظ أن أسعار مصادر الطاقة الأساسية خاصة النفط تعتبر أكثر تقلبا مقارنة مع أسعار السلع الأخرى و ذلك نتيجة لعدم إمكانية الإحلال في كثير من الأحيان كما هو الحال بالنسبة لوقود النقل في أغلب دول العالم، و بالتالي فإن مستويات أسعار النفط لم تعد هي المشكل الرئيسي في حد ذاتها وإنما يكمن المشكل في التقلبات السريعة لمستويات الأسعار، ذلك أن عدم استقرارها لا يسمح للمنتجين بالتنبؤ بحجم العائد المتوقع على الاستثمار الموجه لقطاع النفط مما يؤثر على حجم المعروض النفطي في ظل تنامي الطلب.

3- أثر تغير أسعار المشتقات النفطية: ترتبط تغيرات أسعار النفط الخام ارتباطا مباشرا بتطور أسعار المشتقات النفطية المكررة ومستوى الطلب عليها، حيث أن الطلب على النفط الخام طلب مشتق من الطلب على المشتقات النفطية المكررة وبالتالي فإن أسعار هذه الأخيرة التي يدفعها المستهلك النهائي تمثل مؤشرا هاما في تحديد حجم الاستهلاك العالمي من النفط وحصته ضمن مكونات مزيج الطاقة الإجمالية.

انطلاقا من أن الطلب على النفط الخام طلب مشتق من الطلب على المنتجات النفطية المكررة، فإن السعر النهائي الذي يدفعه المستهلكون للمشتقات بمختلف أنواعها يمثل المؤشر الرئيسي في تحديد الكميات المستهلكة من المنتجات النفطية المكررة وفي تحديد الطلب على النفط الخام لمواجهة الاحتياجات من تلك المشتقات، حيث يعتمد مستوى الطلب النهائي على النفط الخام على مرونة الطلب لمختلف استخدامات المشتقات النفطية المكررة، التي تتميز في معظمها بعدم المرونة نظرا لمحدودية البدائل، كما أن للطلب على كل نوع من المنتجات النفطية المكررة مرونة خاصة به، وبالتالي فإن مجمل مرونات الطلب على مختلف أنواع المشتقات النفطية تمثل المحصل الحقيقي للطلب النهائي على النفط الخام واتجاهات الأسعار في أسواق النفط الدولية.

وانطلاقا من عدم مرونة الطلب على معظم مشتقات النفط كرست الدول الصناعية سياسات مالية أدت إلى رفع سعر برميل النفط للمستهلك النهائي من خلال ضرائب هدفها الحد من ارتفاع الطلب المحلي على النفط وتشجيع بدائله. فمن خلال استقراء تركيبة السعر النهائي لبرميل النفط في الدول الصناعية، نجد أن قيمة الضريبة تتجاوز سعر برميل النفط، فبينما بلغ سعر برميل النفط الخام 98.2 دولار بلغت قيمة الضريبة 101.6 دولار ما نسبته على التوالي 45.7% و 47.8% من السعر النهائي الذي بلغ 214.8 دولار سنة 2008 في مجموعة الدول

الصناعية السبع، وارتفعت قيمة الضريبة و نسبتها في سنة 2010 رغم تراجع سعر النفط الخام حيث بلغت الضريبة 115.4 دولار بنسبة 55.7% من السعر النهائي مقابل سعر برميل خام قدره 79 دولار يمثل 38.1% من السعر النهائي، مع وجود تفاوت بين هذه الدول ففي بريطانيا مثلا بلغت قيمة الضريبة 168 دولار وفي ألمانيا 140 دولار خلال سنة 2008 [45]

ومن المتوقع أن تستمر حصة النفط على نفس المنوال من مجمل استهلاك الطاقة العالمية في العقود القادمة، وفق الدراسات التي أجرتها العديد من الجهات المختصة لأسباب أهمها:

إن جميع مصادر الطاقة الرئيسية في الوقت الحالي ما عدا الغاز الطبيعي لها آثار بيئية أكثر ضررا وخطورة من استخدامات النفط كما أنها لا تمتع بطاقات إنتاج إضافية لتلبية الطلب المتزايد على الطاقة، ومع أن الغاز الطبيعي يتميز استخدامه بيئيا عن النفط في بعض قطاعات الطاقة إلا أن مصادر إمدادات الغاز وتكاليف استثماراته الرأسمالية ونقله وتحويله الباهظة وارتباطات عقوده الطويلة الأجل المبرمة بين المصدرين والمستهلكين هي محل نظر من قبل الدول المستهلكة المعتمدة في سياساتها على تنويع مصادر الطاقة وما يتيحه النفط من مرونة في تلبية الطلب من عدة مصادر عالمية دون الحاجة لإبرام عقود طويلة الأجل، إضافة إلى ما قد ينشأ من اضطرابات في خطوط إمدادات الغاز نتيجة للعوائق الجيوستراتيجية التي لا يمكن ضمانها لفترة زمنية طويلة. كل هذه العوامل تشير إلى أن النفط يبقى الخيار الأمثل المتوفر لمواجهة الطلب العالمي المتزايد على الطاقة في الوقت الحالي.

4- العوامل المؤثرة في تذبذب أسعار النفط: تتميز الأسواق النفطية باضطرابات في العرض و الطلب وتذبذب الإمدادات في فترات كثيرة، إضافة إلى تزايد حدة التقلبات و تسارعها، وتزايد الطفرات السعرية بشكل غير مسبوق نتيجة لتضافر مجموعة من العوامل الاقتصادية، التقنية والسياسية المؤثرة في ارتفاع وانخفاض الأسعار

أ) انخفاض الطاقة الإنتاجية الاحتياطية : تعتبر الطاقة الإنتاجية الاحتياطية المتاحة أهم عوامل استقرار الأسعار في أسوق النفط العالمية فكلما تراجعت تلك الطاقة الإنتاجية الاحتياطية إلى حدود دنيا زادت مخاوف المتعاملين في أسواق النفط من نقص الإمدادات مما يؤدي إلى ارتفاع أسعار النفط ويحدث العكس عند وجود طاقة إنتاجية احتياطية فائضة كبيرة. أي أن هناك ارتباطا وثيقا بين الطاقة الإنتاجية المتاحة وحركة الأسعار في الأسواق الدولية، وكذلك في توجيه الاستثمارات لمختلف مراحل الصناعة النفطية.

[45] الطاهر الزيتوني، تقرير عن اجتماع لجنة الوقود الأحفوري الأنظف لمجلس الطاقة العالمي، مجلة النفط و التعاون العربي، عدد 128، الكويت، 2009، ص 53

وشهدت الطاقة الإنتاجية الاحتياطية لدول منظمة الأوبك تراجعا بسبب عدة عوامل منها الزيادة المتسارعة للطلب العالمي على النفط و انخفاض حجم المعروض النفطي خارج مجموعة الأوبك إضافة إلى تراجع الاستثمار في الصناعة النفطية.

ب) تراجع معدلات الإنتاج وتقادم الحقول النفطية التقليدية: يعتمد تحديد معدلات الإنتاج النفطي بشكل أساسي على الاحتياطي المؤكد مع الأخذ بالاعتبار العوامل الجيولوجية المتمثلة في الضغط المكمني ومراحل تقادم إنتاجية الحقول النفطية والاستثمارات المالية اللازمة والمتاحة لإنتاج النفط الخام القابل للاستخراج أي أن هناك تناسب بين حجم الاحتياطي النفطي المؤكد و معدلات الإنتاج، وعليه فإن تراجع إنتاجية الكثير من الحقول في مناطق عديدة من العالم ونضوج العديد من المكامن النفطية مع تزايد التكاليف الإنتاجية في تلك الحقول، يجعل المحافظة على نمو الإنتاج العالمي من النفط لتلبية الطلب عليه تزداد صعوبة، وهو واقع يوضح تزايد تكاليف استخراج النفط رغم كل التطورات التقنية مع انكماش هامش الربح من مبيعات النفط الخام مما يفرض الحرص على عدم هبوط أسعار النفط العالمية إلى حدود تقارب التكلفة الإنتاجية حتى يمكن المحافظة على مستويات إنتاجية الحقول الناضجة.[46]

ج) النزاعات والتوترات السياسية: تؤثر العوامل السياسية تأثيرا مباشرا في أسعار النفط نظرا لخصوصية هذه السلعة، حيث تتفاعل الأسواق النفطية مع هذه الاضطرابات من خلال ارتفاع الأسعار بسبب شعور المستهلكين بإمكانية تراجع المعروض مما يدفعهم إلى زيادة الطلب.

وقد زادت في السنوات الأخيرة حدة و عدد النزاعات و الاضطرابات السياسية في بعض أهم مناطق إنتاج النفط و التي أدت إلى تراجع إنتاجها كما هو الحال بالنسبة للعراق، ليبيا و نيجيريا.

[46] خالد بن منصور العقيل، مرجع سابق، ص ص 30-32

المطلب الرابع: التحديات المستقبلية للطاقة

إضافة إلى المشاكل المرتبطة بنموذج الطاقة القائم حاليا، يواجه العالم مجموعة من التحديات المستقبلية التي نبين أهمها في ما يلي.

1- **التحدي الاجتماعي:** تعتبر مكافحة الفقر مشكلة مزمنة عبر تاريخ البشرية، إلا أن قمة جوهانسبرغ أعطتها بعدا جديدا من خلال إيجاد ربط قوي بين الطاقة و البيئة و التنمية. فالحصول على الطاقة التجارية يمثل شرطا ضروريا في عملية التنمية، إذ تمكن من توفير الخدمات الأساسية للسكان، لكن لا يزال أكثر من مليار و نصف المليار من سكان العالم يعيشون دون الحصول على خدمات الطاقة الحديثة، مما يجعلهم محرومين من المتطلبات الأساسية للتنمية كالمياه الصالحة للشرب و لمختلف النشاطات التنموية في الزراعة و الصناعة و السياحة فضلا عن الاحتياجات المنزلية و التي يمثل تأمينها أهم أولويات التنمية، خاصة إذا علمنا أن نسبة الإصابات الجديدة بالأمراض الناجمة عن المياه غير الملائمة للاستهلاك في المناطق الفقيرة في العالم تتراوح بين 4 و 7.9% سنويا، ومن جهة أخرى يتوقع أن يتعرض 38% من سكان العالم للنزوح بسبب المشاكل و النزاعات المرتبطة بالمياه بحلول سنة 2025[47] ما لم يتم توفير المياه بالنوعية و الكمية اللازمتين.

إذن فتوفر مصادر الطاقة الملائمة أمر ضروري لتوفير مياه الري التي تمثل مدخلا أساسيا للزراعة، كما أن مواجهة المشاكل المتعلقة بالحصول على المياه النظيفة الصالحة للاستهلاك للسكان المتزايدين تتطلب بالضرورة توفر الطاقة اللازمة لضخ المياه الصالحة للشرب أو تحلية المياه المالحة و تشغيل أنظمة الصرف و معالجة المياه المستعملة، إضافة إلى توفير الخدمات الصحية و التعليمية الملائمة. و بالتالي فإن من أكبر تحديات العالم في مجال الطاقة خلال القرن الواحد و العشرين التحدي المجتمعي المتعلق بضمان حصول المجتمعات الفقيرة في العالم على مصادر الطاقة اللازمة لتحقيق هدف التقليص من الفقر في ظل تزايد أعداد السكان و متطلبات التنمية و نمو الطلب على الطاقة.

2- **التحدي التقني:** يكتسي التطوير التكنولوجي أهمية بالغة في الوصول إلى تحقيق استدامة الطاقة، لذلك تمثل العوائق التكنولوجية أحد أهم الرهانات التي تواجه مستقبل الطاقة المستدامة، فعلاوة على الأهمية الحيوية لمختلف أشكال الطاقة واستخداماتها، فإنه من الصعب الإحلال فيما بينها مما يستدعي ابتكار حلول تقنية للملاءمة بين

[47] Robert Dautray, quelles energie pour demain ? Odile Jacob, Paris, 2004, p 30

مصادر الطاقة الجديدة و استخداماتها المختلفة؛ فقد عرفت مستويات الإنتاج و طرقه تطورا متزامنا مع التطور الذي عرفه مستوى الطاقة، أي مصادر الطاقة المتوفرة و القدرة التكنولوجية و العلمية السائدة والقادرة على استخدامها في مختلف المجالات. و تلعب التكنولوجيا دورا حاسما في الانتقال من مستوى طاقوي إلى آخر، فاختلال ميزان الطاقة في فترة معينة سيؤدي إلى البحث عن بديل ملائم، و خلال فترة الانتقال تتلاءم التكنولوجيا مع البديل الطاقوي حيث أن هناك علاقة تبادلية بين مصدر الطاقة البديل و التكنولوجيا، و يمكن ملاحظة ذلك من خلال انتقال الإنسان من استخدام طاقة الحيوان إلى استخدام الآلة الميكانيكية العاملة بالفحم الحجري الذي زادت مساهمته نتيجة لتطور تكنولوجيات استغلاله، كما تدفع الضغوط البيئية في الوقت الحالي إلى ابتكار تكنولوجيات تنتج طاقة نظيفة و هو ما يدفع إلى تطويرات مماثلة في مجالات الاستخدام[48].

وعليه يمكن القول بأن التحدي الذي يواجهه العالم اليوم هو تحد تكنولوجي أكثر منه مشكلة مصادر طاقة، لأن ما شهده العالم في السابق كان نتيجة لضعف الإمكانيات التكنولوجية في الاستفادة من المصادر الطبيعية المختلفة للحصول على طاقة جديدة.

وفي ذات الإطار فإن مساعدة الدول الفقيرة على استخدام الطاقة بصورة أكثر فعالية وتطوير مصادر بديلة للطاقة، و الاستفادة من تطوير التكنولوجيات النظيفة و المتقدمة للطاقة سوف يمكن تلك الدول التي يتوقع أن يتزايد استهلاكها من الطاقة مستقبلا من خفض التأثيرات السلبية على البيئة و تنمية مجتمعاتها، و لتحقيق هذا الهدف لا بد من تطوير آليات تعاون وتنسيق دولي تمكن الدول النامية من الحصول على التكنولوجيا لتأمين طاقة نظيفة بتكلفة مقبولة وأداء كفء.

3- **تحدي التمويل:** على الرغم من الاهتمام الكبير بموضوع التغيرات المناخية والتطوير التكنولوجي في قطاع الطاقة، لم يتطرق إلا القليل من التقارير إلى الطريقة التي ستمول بها تطبيق التكنولوجيات الجديدة. وقد يجعل أهمية هذه القضية واتساع نطاقها التحديات التكنولوجية تبدو صغيرة بالمقارنة بها، إذ تقدر وكالة الطاقة الدولية أن الاحتياجات تتطلب استثمار حوالي 17 تريليون دولار لتمويل التوسع العالمي للطاقة، بما في ذلك مشاريع الطاقة النظيفة على مدى السنوات الخمس والعشرين القادمة، وسوف تدعو الحاجة إلى توظيف خمسة آلاف مليار دولار في البلدان النامية وحدها[49]. و نظرا لكون الكثير من الدول النامية تتخبط في أزمة المديونية، فإنها تعاني عجزا في توفير رأس المال، و يتعذر عليها نتيجة لذلك الحصول على الكثير من التكنولوجيات العالية الكفاءة.

---

[48] هاني عبيد، مرجع سابق، ص 26

[49] ستيفن باري و آخرون، خريطة طريق الاستثمار في الطاقة المستديمة، e journal USA عدد جويلية 2006

إن تمويل تكنولوجيات الطاقة الجديدة و المتجددة ينطوي بالضرورة على المخاطرة. و بعض هذه المخاطر مألوف في قطاع الطاقة بوجه عام، في حين أن بعضها الآخر يقتصر على تكنولوجيا الطاقة الجديدة و المتجددة مثل احتمال أن تتراجع بعض الحكومات عن اتفاقيات شراء الطاقة التي تؤمن العائدات على المدى الطويل لمشاريع الطاقة و التي يتم مقابلها تقديم التمويل من القروض؛ وكذلك ضعف الضمانات و انعدام الخبرة في ضمان الديون وعدم توفر سجل من المعلومات يمتد فترة طويلة عن خسائر القروض، مما يجعل التأمين عليها مكلفا ويحد من مدى تغطيتها، إضافة إلى احتمال مخالفة قوانين حماية حقوق الملكية الفكرية و براءات الاختراع و غيرها من المخاطر. و نتيجة لسوء فهم الكثير من هذه المخاطر أو عدم معالجتها بطريقة كافية في الأسواق، يشعر العديد من مقدمي التمويل بأنهم غير قادرين على دعم تكنولوجيات الطاقة الجديدة و المتجددة والتخلي عن الاستثمارات التقليدية، إذ يعتقد هؤلاء الممولون في كثير الأحيان أن تمويل الطاقة المستدامة مسعى دافعه اجتماعي لا يتوافق مع واجباتهم المالية الائتمانية التي تسعى إلى إيجاد ترتيبات تؤمن أفضل مزيج من المخاطرة/العائد.

المبحث الثالث: خيارات وإمكانات التحول الطاقوي

تشير العديد من المؤشرات إلى أن العالم يعيش بداية مرحلة انتقالية من الاعتماد على مصادر الطاقة الأحفورية الناضبة وعلى رأسها النفط و ما تخلفه من آثار على البيئة و المناخ، إلى الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة والنظيفة عبر كونها مصادر طاقة مكملة في مرحلة أولى ثم مصادر بديلة في نهاية المطاف. و بما أن العالم لا يمكنه التخطيط لمستقبله الطاقوي اعتمادا على الوقود الأحفوري فإن استشراف الخيارات الطاقوية البديلة يعتبر عنصرا هاما في سياق التحول.

المطلب الأول: معايير التقييم و المفاضلة بين مصادر الطاقة

تعتمد المفاضلة بين مصادر الطاقة المختلفة على توفر معايير للتقييم تمكن من اختيار البديل الطاقوي الأكثر استجابة لهذه المعايير التي نوجزها فيما يلي.

1- **كمية الطاقة الصافية:** يتطلب الحصول على مصادر الطاقة أو تطويرها استخدام مقدار معين من الطاقة لتحويل تلك المصادر إلى الشكل النهائي القابل للاستخدام في مختلف المجالات. وحتى يكون مصدر طاقة معين مجديا من وجهة النظر الطاقوية يجب أن يكون مردوده الطاقوي موجبا، أي أن يعطي مصدر الطاقة المعني كمية من الطاقة تفوق كمية الطاقة المستخدمة في إنتاجه و تحويله.

ويرتبط مفهوم الطاقة الصافية بكثافة الطاقة التي تعبر عن كمية الطاقة التي تنبعث من وحدة الحجم أو الكتلة لوقود معين، فالطاقة المستخلصة من الوقود الأحفوري خلال سنة عبر العالم تعادل 44 تريليون طن من المادة العضوية أي ما يوازي 4 قرون من إنتاج المحيط الحيوي[50] ؛ هذه الكثافة الطاقوية الهائلة المحتواة في الوقود الأحفوري تعطيه الأفضلية بين مصادر الطاقة، فمن الصعب حاليا إنتاج ذلك القدر من الطاقة من البدائل ذات الكثافة الطاقوية المتدنية مقارنة بالنفط الذي يمتلك أعلى قيمة حرارية تجعله المصدر المهيمن لعقود مقبلة.

[50] Samuele Furfari, Politique et geopolitque de l'energie, edition TECHNIP, Paris, 2012, p 38

جدول رقم(1-4): القدرة الحرارية المحتواة في مصادر الطاقة المختلفة

الوحدة: ميغاجول/كغ

مصادر الطاقة	نفط	غاز طبيعي	فحم حجري	مخلفات نباتية
القدرة الحرارية	42	32	30 - 25	15 - 12

المصدر: من إعداد الباحث اعتمادا على:

Samuele Furfari, Politique et géopolitique de l'énergie, Edition TECHNIP, Paris, 2012, p 38

وتظهر فروقات كثافة الطاقة بشكل واضح في القدرة الإنتاجية لمصادر الطاقة المختلفة، فقدرة محطة طاقة نووية تبلغ 1000 ميغاواط و محطة حرارية تعمل بالغاز الطبيعي أو الفحم الحجري تتراوح بين 300 و600 ميغاواط، هذه المحطات تعمل 8000 ساعة سنويا، أي أنها تنتج 8 مليون ميغاواط/ساعة بالنسبة للمحطة النووية وما بين 2.4 و 4.8 مليون ميغاواط/ساعة لمحطة الغاز الطبيعي أو الفحم الحجري، بينما تتراوح قدرة محطة لطاقة الرياح تعمل بمعدل 2500 ساعة سنويا بين 0.7 و 3 ميغاواط، أما الألواح الشمسية فقدرتها 0.001 ميغاواط لكل متر مربع من الألواح[51] . يتضح مما سبق تواضع القدرة الإنتاجية للمصادر المتجددة نسبة إلى المصادر التقليدية.

2- **قابلية التجدد:** تعتبر قابلية التجدد عاملا هاما و حاسما في اعتماد مصادر الطاقة المستقبلية، فإذا امتلك مصدر طاقة معين كثافة طاقوية عالية و طاقة صافية موجبة كبيرة مع عدم قابليته للتجدد فإنه سيصبح مع مرور الوقت مصدر غير مفيد بسبب نفاد احتياطياته. و عليه فمن غير العقلاني التخطيط لمستقبل الطاقة والتركيز على إنشاء بنية تحتية طاقوية مستقبلية اعتمادا على مصادر الطاقة غير المتجددة. وهنا يتطلب الأمر بذل جهود و نفقات كبيرة لتطوير الطاقات المتجددة و رفع إنتاجيتها ومن ثم الاستثمار في مشاريع البنية التحتية اللازمة لاستغلالها.

3- **الجدوى الاقتصادية:** لا يكفي أن يكون مصدر الطاقة متجددا و ذا كثافة طاقوية عالية وإنما يتطلب إحلال مصدر للطاقة محل آخر تحقيق عائد اقتصادي موجب؛ أي أن يكون سعره تنافسيا و يفوق تكلفة تطويره

[51]Samuele Furfari, 101 questions sur l'energie, edition TECHNIP, Paris, 2009, p 6

وإنتاجه، وأن تكون تكلفة إنتاج المصدر البديل بالتكنولوجيا المتاحة أقل من تكلفة المصدر الأصلي بما يحفز على إحلاله.

من الواضح أن العائد الاقتصادي من استغلال النفط مرتفع بصورة تفوق عوائد بقية المصادر الأخرى نظرا للفرق الكبير بين تكلفة إنتاج النفط التي تبلغ 8 دولار للبرميل[52] و سعره في الأسواق الدولية الذي تجاوز 100 دولار للبرميل في السنوات الأخيرة. و يمثل سعر النفط مؤشرا تتحدد على أساسه الجدوى الاقتصادية لمصادر الطاقة المتجددة، فارتفاع أسعار النفط إلى مستويات معينة يسمح بإدخال مصادر طاقة جديدة في دائرة الجدوى الاقتصادية بحيث يمكن استغلالها بشكل تجاري.

4- انخفاض التكلفة البيئية: تتسبب كل مصادر الطاقة في التأثير على البيئة عبر مختلف مراحل إنتاجها، تحويلها و استهلاكها، و ينجر عن هذا التأثير تكاليف بيئية يتحملها المجتمع لمعالجة التلوث أو الأضرار الصحية والخسائر البيئية الأخرى، وتتباين التكلفة البيئية لمصادر الطاقة المختلفة تبعا لطرق الإنتاج و كثافة الاستخدام وأغراضه، لذلك يعتبر النفط المصدر الأكثر تلويثا لكونه الأكثر استخداما و في مجالات متعددة رغم كونه أنظف من الفحم الحجري. وفي ظل الهواجس البيئية و التغيرات المناخية المرتبطة بإنتاج واستهلاك الطاقة ينبغي أن تكون الآثار البيئية لمصادر الطاقة البديلة في الحدود الدنيا بما يخفض من تكاليفها البيئية.

5- قابلية النقل وملاءمة الاستخدام: تمثل قابلية النقل أيضا عنصرا هاما في المفاضلة بين مصادر الطاقة المختلفة، وذلك لتأثيرها المباشر في توصيل الطاقة من مراكز إنتاجها إلى مناطق الاستهلاك، وهنا نجد أن الحالة السائلة هي الأفضل لنقل مصادر الطاقة وسهولة استخدامها، وهي الميزة التي تميز النفط و عدد محدود من البدائل الأخرى، بينما يقتصر استخدام معظم مصادر الطاقة الأخرى على إنتاج الكهرباء التي تحتاج إلى شبكات نقل ذات كفاءة من أجل خفض حجم الطاقة الضائعة أثناء النقل، إضافة إلى محطات لرفع أو خفض الضغط حسب ما يلائم طبيعة الاستخدام.

[52] Samuele Furfari, Politique et geopolitque de l'energie Op. Cit, p 46

المطلب الثاني: مصادر الطاقة الأحفورية البديلة للنفط

تتوفر العديد من مصادر الطاقة التقليدية التي يمكن اعتبارها مصادر بديلة للنفط في مجالات استخدام متنوعة، ومن أهم هذه المصادر نجد ما يلي:

1- النفط غير التقليدي: وهو في الواقع ليس بديلا عن النفط التقليدي وإنما هو امتداد له، و النفط غير التقليدي لا يوجد في شكل مخزون جاهز في مصادره المختلفة كما هو الحال بالنسبة للمكامن النفطية التقليدية وإنما يحتاج إلى بعض العمليات الصناعية لاستخراجه. و توجد عدة أنواع من النفط غير التقليدي من أهمها نفط السجيل، نفط رمال القار (رمال القطران أو البيتومين) و ماءات الميثان و غيرها.

أ) نفط السجيل: أحد أنواع النفط غير التقليدي الذي لا يوجد على حالة سائلة، و هو عبارة عن مركبات عضوية ثقيلة تسمى كيروجين kérogène تتخلل مسامات صخور خزفية يتم تكسير جزيئاتها عن طريق تسخينها إلى درجة حرارة تصل إلى 450 درجة مئوية مع إضافة الهيدروجين ثم التخلص من الفضلات لتعطي مواد هيدروكربونية شبيهة بالنفط تعرف بنفط السجيل، بواقع 40 لتر من النفط لكل طن من الصخور[53].

توجد احتياطيات ضخمة من نفط السجيل موزعة على عدة مناطق من العالم، تقدر ما بين 3500 و 4400 مليار برميل[54]، و تتركز أهم احتياطيات هذا النوع في كل من الولايات المتحدة الأمريكية التي تمتلك 60% من الاحتياطيات العالمية، جمهوريات الاتحاد السوفياتي السابق، الصين و البرازيل، و يعود تاريخ تطوير صناعة نفط السجيل إلى حوالي 90 سنة ماضية، من طرف مجموعة من الشركات النفطية أهمها "Chevron" و"Unocal" و"Exxon" و"Occidental Petroleum"[55].

- عوائق اعتماد نفط السجيل: يواجه اعتماد نفط السجيل مجموعة من العوائق التقنية الاقتصادية و البيئية، إذ تتطلب عملية استخراج النفط الخام كميات كبيرة من المياه و الطاقة إضافة إلى الهيدروجين المنتج من الغاز الطبيعي، كما أن عملية الاستخلاص تخلف كميات كبيرة جدا من النفايات يفوق حجمها حجم النفط الخام المستخلص، حيث يخلف إنتاج 50 برميل من النفط (ما يعادل حوالي 7 طن) كمية من النفايات تبلغ 66 طن يمثل التخلص منها مشكلة بيئية لكونها تحتوي على مواد ملوثة للتربة و المياه الجوفية، بالإضافة إلى انخفاض المردود الطاقوي الصافي لنفط السجيل نظرا لاستهلاكه الكبير من الطاقة اللازمة لإنتاجه مقابل الطاقة التي يوفرها، كما

---

[53] Samuele Furfari, Politique et geopolitque de l'energie Op. Cit, p 167

[54] Idem

[55] ريتشارد هاينبرغ، انتهت الحفلة سراب النفط، النفط و الحرب و مصير المجتمعات الصناعية، ترجمة أنطوان عبد الله، الدار العربية للعلوم ناشرون، بيروت، 2005، ص 170

يتطلب تكريره مصافي ذات كفاءة عالية مما تكاليف الإنتاج؛ وعليه من غير محتمل أن يوفر نفط السجيل كميات كبيرة من النفط لمواجهة الطلب المتزايد مقارنة مع الكميات الكبيرة المنتجة من النفط التقليدي.

ب) نفط رمال القار: و هو نفط ثقيل عالي اللزوجة و يحتوي على نسبة كبيرة من الكبريت يتواجد في شكل مزيج وحلي من الرمل و الطين و البيتومين (مواد هيدروكربونية كثيفة)، و يتم استخراج النفط الخام الذي يعرف بالخام الاصطناعي أو التركيبي من هذا المزيج بطريقتين، إما عن طريق التعدين ونقل الرمال إلى منشآت المعالجة حيث يستخدم الغاز الطبيعي و النافتا لفصل البيتومين و معالجته، و تستخدم هذه الطريقة ما بين 500 إلى 700 قدم مكعب من الغاز الطبيعي لإنتاج برميل واحد من الخام التركيبي. أما الطريقة الثانية التي تعرف بـ " النضح الثقالي بمساعدة البخار" فتتمثل في ضخ البخار تحت سطح الأرض لمدة تصل إلى أسبوعين ومن ثم ضخ البيتومين السائل إلى السطح، كما تحتاج هذه الطريقة إلى ضعف كمية الغاز الطبيعي المستخدمة في الطريقة الأولى، كما تستخدم كلتا الطريقتين كميات كبيرة من المياه.[56] يتطلب إنتاج برميل واحد من النفط الخام معالجة 2 طن من الرمال عبر عمليات صناعية طويلة و معقدة، و تبلغ تكلفة الإنتاج 26 دولار للبرميل[57]، و تتركز أهم احتياطيات هذا النوع في كل من فنزويلا بـ 220 مليار برميل و كندا بـ 167.8 مليار برميل[58]

- عوائق اعتماد نفط رمال القار: يواجه إنتاج نفط رمال القار بدوره عوائق اقتصادية، تقنية و بيئية تحد من جاذبيته كبديل للنفط التقليدي رغم ضخامة احتياطياته، فعملية الإنتاج مكلفة إذ تزيد تكلفة إنتاج البرميل الواحد من نفط رمال القار عن ثلاثة أضعاف تكلفة إنتاج برميل من النفط الخام التقليدي، و تستهلك كميات كبيرة من الطاقة تفوق الكمية التي يحتاجها إنتاج أي نوع آخر من أنواع النفط غير التقليدي مما يزيد من انبعاث غازات الاحتباس الحراري و يرفع من تكلفة احتجاز الكربون خلال عملية الإنتاج، مما يجعلها غير مجدية اقتصاديا كما هو الحال في حقول رمال القار الكندية[59]، كما تحتاج عملية تطوير المكامن إلى كميات كبيرة من المياه قد تتجاوز 3700 متر مكعب لكل بئر للوصول بإنتاجيته إلى المستوى الاقتصادي[60]، وتزيد اللزوجة العالية لنفط

[56] ريتشارد هاينبرغ، غروب الطاقة: الخيارات و المسارات في عالم ما بعد البترول، ترجمة مازن جندلي، الدار العربية للعلوم، بيروت، 2006، ص ص 132 و 133

[57] ديفيد هويل و كارول نخلة، مأزق الطاقة و الحلول البديلة، ترجمة أمين الأيوبي، الدار العربية للعلوم ناشرون، بيروت، 2008، ص ص 201-203

[58] BP statistical review of world energy2014 , op cit, p 6

[59] سمير القرعيش و آخرون، تقرير حول مؤتمر البترول العالمي العشرون " حلول الطاقة للجميع: تعزيز التعاون، الابتكار والاستثمار"، مجلة النفط و التعاون العربي، العدد 140، أوابك، الكويت 2012، ص 187

[60] نفسه، ص 189

رمال القار من تكاليف إنتاجه ومعيقات تسويقه، فمن شبه المستحيل نقله عبر الأنابيب إلا بعد مزجه مع زيوت خفيفة أو مزجه بالماء و مواد أخرى.[61]

بالإضافة إلى العوائق التقنية والاقتصادية تساهم المشاكل البيئية الناجمة عن استغلال هذا المورد في الحد من جاذبيته، فاحتواؤه على نسبة كبيرة من الكبريت يتطلب عمليات متعددة لتنقيته وتخفيفه و تتسبب في تلوث المحيط فإنتاج برميل واحد من النفط الخام يخلف 2.5 برميل من النفايات السائلة[62] و 2 ياردة مكعبة[63] أو أكثر من 1.5 متر مكعب من الفضلات الصلبة أي ما يقارب 13 برميل.

2- الغاز الطبيعي: يأتي الغاز الطبيعي في مقدمة مصادر الطاقة البديلة للنفط، فهو الوقود الأقرب إليه من حيث خصائصه ككثافة الطاقة و تعدد مجالات استخدامه.

أ) أهم خصائص الغاز الطبيعي: إضافة إلى كونه الأقرب إلى النفط، يتميز الغاز الطبيعي بأنه لا يحتاج إلى عمليات تحويل من أجل استخدامه كما الشأن بالنسبة للنفط، كما يمتلك الغاز الطبيعي على غرار النفط كثافة طاقة عالية وكذلك سرعة الاشتعال والاحتراق الكامل، علاوة على أنه يستفيد من وجود بنية تحتية لاستخدامه في عدة مجالات كتوليد الكهرباء، الاستخدامات المنزلية و كوقود للنقل مما يساهم في حماية البيئة من التلوث المرتبط بعمليات تكرير النفط.

يعد الغاز الطبيعي من الناحية البيئية وقودا نظيفا، فهو من جهة خال تقريبا من بعض المركبات الملوثة كالكبريت وأكسيد النيتروجين، ومن جهة أخرى ينتج عن احتراقه أدنى نسبة من الانبعاثات مقارنة بالنفط و الفحم الحجري، فاحتراق طن مكافئ نفط من الغاز الطبيعي يعطي 0.63 طن من الكربون مقابل 0.82 طن كربون من احتراق طن من النفط و 1.05 طن من الكربون نتيجة لاحتراق طن مكافئ نفط من الفحم الحجري،[64] ما يجعل من الغاز الطبيعي وقودا مثاليا من وجهة نظر أنصار حماية البيئة.

يتميز الغاز الطبيعي أيضا بتعدد مجالات استخدامه، فهو كمصدر للطاقة من أهم مصادر إنتاج الكهرباء في العالم و المصدر الأكثر استخداما في الاستخدامات الحرارية المنزلية و الصناعية، إضافة إلى تطوير استعماله كوقود للنقل في العديد من الدول. و يمثل الغاز الطبيعي مادة أولية أساسية للعديد من الصناعات كإنتاج الأسمدة و الغازات الصناعية و الصناعات البتروكيميائية المختلفة.

---

[61] ديفيد هويل و كارول نخلة، مرجع سابق، ص 203
[62] ريتشارد هاينبرغ، انتهت الحفلة سراب النفط، النفط و الحرب و مصير المجتمعات الصناعية، مرجع سابق، ص 171
[63] إسكوا، التقدم الإقليمي المحرز في مجال الطاقة من أجل التنمية المستدامة في دول الإسكوا، نيويورك، 2005، ص 32
[64] حسين عبد الله، مستقبل النفط العربي، مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت، 2000، ص ص 69 - 70

وتمثل وفرة احتياطيات الغاز الطبيعي في العالم عاملا إضافيا في التحفيز على توسيع استخدامه، فحسب بيانات cedigaz بلغت الاحتياطيات العالمية 195308 مليار متر مكعب في بداية سنة 2011 مع الإشارة إلى أن معظم هذه الاحتياطيات تتركز في دول منظمة الأوبك بـ 50% ومجموعة الدول المستقلة عن الاتحاد السوفياتي السابق بـ 32%.[65]

ب) عوائق اعتماد الغاز الطبيعي بديلا للنفط: رغم المزايا العديدة التي يتميز بها الغاز الطبيعي إلا أنه يواجه مجموعة من العوائق تحد من إمكانية اعتباره البديل المثالي للنفط

- مصدر طاقة ناضب: رغم الوفرة النسبية للاحتياطيات التقليدية و غير التقليدية من الغاز الطبيعي إلا أنه يعتبر في النهاية مصدر طاقة ناضب شأنه في ذلك شأن النفط، ومع نمو الاستهلاك من سنة لأخرى فإن العمر المحتمل للاحتياطيات المؤكدة يمكن أن يتراجع مما يضفي حالة من عدم اليقين على المستقبل، و السؤال الذي يطرح هنا هو هل يتبع إنتاج الغاز الطبيعي منحني هوبرت كما هو الحال في النفط؟ فاستنفاد آبار النفط يتم بشكل أبطأ من آبار الغاز وخصوصا الجديدة منها، كما أن إنتاج البئر النموذجي من الغاز يرتفع من الصفر ثم يستقر لفترة ومن ثم ينحدر بشكل حاد.

- صعوبات النقل ارتفاع تكاليفه: يتطلب استغلال الغاز الطبيعي تكاليف استثمارية كبيرة لمد خطوط الأنابيب النقل ومحطات الضخ و صيانتها والتي يواجه تمويلها صعوبات حتى في أفضل حالات الاقتصاد و تزداد هذه الصعوبة في ظل الأزمات المالية و الاقتصادية التي تعصف بالاقتصاد العالمي، هذا إضافة إلى العقبات الجيوسياسية التي تعترض مد خطوط أنابيب النقل و أمنها.

زيادة على صعوبات نقل الغاز عبر الأنابيب فإن نقل الغاز المسال عن طريق السفن يعتبر أمرا صعب و معقدا، إذ يتطلب تحويل الغاز إلى سائل تبريده إلى 176 درجة مئوية تحت الصفر، ويتطلب نقله ناقلات غاز وموانئ خاصة. وكل ذلك يتطلب تكاليف استثمارية ضخمة لا تتوفر للكثير من الدول، فتكلفة إنجاز مركب صغير الحجم لتمييع الغار بقدرة إنتاج 3.5 مليون طن من الغاز المميع تتراوح بين 400 إلى 500 مليون دولار، وتكلفة ناقلة للغاز المسال بسعة 100000 طن تصل إلى 200 مليون دولار.[66]

---

[65] آرميل لوكاربونتييه، التوجهات قصيرة المدى في صناعة الغاز الطبيعي نظرة شاملة لعام 2012، مجلة النفط و التعاون العربي، عدد 140، أوابك، الكويت، 2012، ص 10

[66] أمينة مخلفي، أثر تطور أنظمة استغلال النفط على الصادرات (دراسة حالة الجزائر بالرجوع إلى بعض التجارب العالمية)، أطروحة دكتوراه في العلوم الاقتصادية، جامعة ورقلة، 2013، ص 20

وإضافة إلى ما سبق فإن البنية التحتية اللازمة لنقل الغاز الطبيعي و توزيعه لا تتوفر إلا في عدد محدود من الدول، وعدم مواكبة نمو أسطول ناقلات الغاز الطبيعي المسال لنمو الطلب يؤدي إلى ارتفاع تكاليف عقود النقل قصيرة الأجل كما هو الحال في سنة 2011[67]

3- الفحم الحجري: يعتبر الفحم أكثر أنواع الوقود الأحفوري وفرة، حيث تتواجد احتياطيات ضخمة في مناطق عديدة من العالم يتجاوز عمر بعضها 300 سنة، فيما يصل متوسط عمر الاحتياطيات العالمية حسب مستويات الإنتاج و الاستهلاك الحالية إلى 110 سنوات[68]، و يعد الفحم الحجري المصدر الثاني للطاقة في العالم بعد النفط، ويستخدم كمصدر أولي لإنتاج الطاقة الحرارية كما يمكن تحويله إلى غازات و سوائل هيدروكربونية تستخدم كمصدر للطاقة أو كمدخلات للصناعات البتروكيميائية، إضافة إلى أنه يمثل مصدرا للعديد من المشتقات الموازية للمشتقات النفطية كالبنزين و الديزل و كذلك الهيدروجين و العديد من الغازات الصناعية الأخرى.

- عوائق اعتماد الفحم الحجري: لا يمثل تراجع الإنتاج مشكلا بالنسبة للفحم كما هو الحال بالنسبة للنفط والغاز الطبيعي، ولكن ما يدعو إلى صرف النظر عن الفحم كبديل للنفط هو حجم التلوث الكبير الذي تخلفه عمليات استخراج و حرق الفحم والانخفاض في الطاقة الصافية الناتجة عنه مقارنة بالنفط و الغاز الطبيعي، وسيعتمد مستقبل الطلب على الفحم كمصدر أساسي للطاقة في ظل العمل على الحد من الانبعاثات على التطورات التكنولوجية لتنظيف الفحم و تحويله إلى سوائل، غير أن عمليات البحث و التطوير في مجال الفحم لازالت محدودة وتسير ببطء.

4- الطاقة النووية: يتولد عن انشطار النواة كمية كبيرة جدا من الطاقة، و تعتمد هذه الطاقة على توافر عنصر اليورانيوم وتستخدم حاليا في إنتاج الكهرباء في عدد من الدول المتقدمة التي تتحكم في تكنولوجيا استخدامها بشكل أساسي. و ما يميز الطاقة النووية امتلاكها أعلى كثافة طاقة بين مصادر الطاقة المعروفة ولا تتسبب في انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون.

أ) عوائق اعتماد الطاقة النووية: تتظافر العديد من العوامل في الحد من التوسع في استخدام الطاقة النووية، ومن أهم هذه العوامل نجد:

- ضخامة التكاليف الرأسمالية: تواجه الطاقة النووية ارتفاع تكاليف إنتاجها و ضخامة رأس المال اللازم للاستثمار فيها، حيث تصل التكلفة الرأسمالية لمفاعل الماء الخفيف إلى أكثر من 70% من التكلفة الكلية

[67] آرميل لوكاربونتييه، مرجع سابق، ص 17

[68] voir : BP statistical review of world energy2014 , op cit, p 32

لوحدة الطاقة بينما تتراوح بين 35% و 65% في محطات الفحم حسب موقعها من مناجم الفحم و سعره[69]، مما قد لا يتوافر لكثير من الدول النامية التي ترغب في استخدام الطاقة النووية و لا تمتلك البنية التحتية اللازمة لاستغلالها.

- **المخاطر البيئية:** إضافة إلى تكاليفها المرتفعة تمثل المخاطر البيئية الكبيرة التي تنجم عن استخدام الطاقة النووية عاملا هاما في الحد من التوسع في استخدامها، حيث تواجه مشكلة التخلص من النفايات النووية المشعة و بقايا الوقود المستنفذ التي يستغرق تحللها آلاف السنين، إضافة إلى حوادث المفاعلات النووية التي تؤدي إلى تسرب المواد المشعة التي تضر بالصحة و البيئة.

- **خطر انتشار الأسلحة النووية:** علاوة على الجوانب الاقتصادية و البيئية، تأتي العوامل السياسية المتعلقة بالحد من انتشار الأسلحة النووية كعامل إضافي لتعزيز اتجاه التخلي عن الطاقة النووية، خاصة إذا علمنا أن الطلب على البلوتونيوم الناتج عن إعادة تصنيع الوقود النووي المستنفذ للأغراض العسكرية يمثل مدخلا لخفض تكلفة الكهرباء المنتجة من الطاقة النووية والتي يتحتم عليها تحمل التكلفة كاملة في حال تراجع الطلب على البلوتونيوم.[70]

المطلب الثالث: تنمية مصادر الطاقة الجديدة و المتجددة

يمثل تطوير و استخدام بدائل الوقود الأحفوري المتجددة و الأقل تلويثا للبيئة إحدى خيارات التحول الطاقوي. وفيما يلي نستعرض بعض أهم هذه البدائل و إمكاناتها و العوامل التي تؤثر في استغلالها

1- الاستثمار في الطاقات المتجددة واقتصادياتها: تعرف مشاريع الطاقات المتجددة بمختلف أنواعها توسعا مضطردا، ما يعكس توجها عالميا لتطوير هذه المصادر وإحلالها جزئيا أو كليا محل مصادر الطاقة الأحفورية، ويظهر ذلك من خلال النمو المستمر في حجم الاستثمارات المخصصة لتنمية تلك المصادر.

فقد ارتفع حجم الاستثمارات من 27 مليار دولار سنة 2003 إلى 214 مليار دولار سنة 2013، أي أنها تضاعفت ما يقارب ثمانية أضعاف خلال عشر سنوات و هي نسبة نمو كبيرة خلال فترة قصيرة، و الملاحظ وجود اتجاه عام نحو تزايد حجم الاستثمارات من سنة لأخرى تقريبا، مع تسجيل تراجع خلال سنتي 2012 و2013 على التوالي، ما يعني وجود سياسة ثابتة لتطوير مصادر الطاقة المتجددة و توسيع استخدامها باعتبارها خيارا استراتيجيا للدول الأكثر استهلاكا للطاقة.

[69] حسين عبد الله، النفط العربي خلال المستقبل المنظور، مركز الإمارات للدراسات و البحوث الإستراتيجية، أبو ظبي، 1998، ص 41
[70] نفسه، ص 40

جدول رقم (1-5): تطور حجم الاستثمارات في مشاريع الطاقة المتجددة 2003 - 2013

السنوات	حجم الاستثمارات (مليار دولار)	نسبة النمو %
2003	27	
2004	40	48
2005	65	63
2006	100	54
2007	146	47
2008	171	17
2009	168	2-
2010	227	35
2011	279	23
2012	250	11-
2013	214	14-

Source: Frakfurt school of finance and management, UNEP, Global trends in renewable energy investment 2014, P 12

بالتوازي مع ارتفاع حجم الاستثمارات تميل التكاليف الرأسمالية لمشاريع إنتاج الطاقات المتجددة عموما نحو الانخفاض، كما يمكن للتكاليف التشغيلية أن تسير في نفس الاتجاه مع تراكم خبرات التشغيل،

فتكلفة الطاقة الكهربائية من الرياح تنخفض بسرعة مما يجعلها منافسة للمصادر التقليدية، إذ انخفضت التكلفة الرأسمالية للكيلوواط من 2500 دولار في منتصف الثمانينيات إلى حوالي 1000 دولار في الوقت الحالي، وتتراوح تكلفة إنتاج الكيلوواط ساعي ما بين 4 - 5 سنتات و يمكن أن تنخفض إلى أقل من 3.5 سنت/كيلو واط ساعة في بعض المناطق.[71]

تعد هذه التكاليف تنافسية مع المصادر التقليدية ، حيث تتراوح تكلفة الإنتاج من الفحم الحجري بين 4.8 و5.5 سنت/كيلوواط أما من الغاز الطبيعي فتتراوح بين 3.9 و 4.4 سنت/كيلوواط ؛ وعليه تبدو طاقة الرياح أكثر جاذبية كمصدر متجدد لإنتاج الكهرباء.

كما انخفضت تكاليف تقنيات الطاقة الشمسية الحرارية و الكهروضوئية، إذ انخفضت تكلفة الكهرباء المنتجة بتقنية الطاقة الشمسية الكهروضوئية من 30 دولار/ واط في منتصف السبعينيات إلى 10 دولار/ واط في

[71] صالح بن عبد الرحمن العجلان، تكلفة الاستثمار و تكلفة الإنتاج لمصادر الطاقة المتجددة في المملكة العربية السعودية، ورقة مقدمة في ورشة عمل حول " توسيع نطاق استخدام الطاقة المتجددة في المناطق الريفية للبلدان الأعضاء في الاسكوا، بيروت، 1و2 فيفري 2012

منتصف التسعينيات، لتتراوح بين 6 دولار إلى 3 دولار لكل واط في الوقت الحالي، كما انخفضت تكلفة إنتاج الكيلوواط من 1 دولار في بداية الثمانينيات إلى ما بين 20 و30 سنت/ كيلوواط، و مع ذلك تبقى تكلفتها مرتفعة مقارنة بالكهرباء المنتجة من طاقة الرياح أو الطاقة الكهرومائية.[72]

جدول رقم(1-6): تكلفة إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة

الوحدة: سنت/كيلوواط/ساعة

مصدر الطاقة	طاقة مائية	وقود حيوي	طاقة الرياح	طاقة شمسية كهروضوئية	طاقة شمسية حرارية (حرارة عالية)
التكلفة	11.3-5.1	11.6-5.8	6.0-4.0	30 – 20	17.5 – 13.5

المصدر: من إعداد الباحث اعتمادا على: هاني عبيد، الإنسان و البيئة: منظومات الطاقة و البيئة و السكان، ص 240 و صالح بن عبد الرحمن العجلان، تكلفة الاستثمار و تكلفة الإنتاج لمصادر الطاقة المتجددة في المملكة العربية السعودية، ورقة مقدمة في ورشة عمل حول " توسيع نطاق استخدام الطاقة المتجددة في المناطق الريفية للبلدان الأعضاء في الاسكوا، بيروت، 1و2 فيفري 2012

و تبعا لانخفاض تكاليفها فقد عرف إنتاج الطاقات المتجددة نموا كبيرا مقارنة بالطاقات الأحفورية، فخلال الفترة 2005 – 2009 ارتفع إجمالي إنتاج الطاقات المتجددة بـ 32% وكانت نسبة النمو الأكبر في إنتاج الطاقة الشمسية الكهروضوئية بنسبة 494% متبوعة بالوقود الحيوي الذي حقق نسبة نمو بـ 435% ثم طاقة الرياح بـ 169% فيما بغت نسبة نمو الطاقة الشمسية الحرارية 104% خلال نفس الفترة.[73]

2- عوائق اعتماد الطاقات المتجددة: تتميز الطاقات المتجددة باحتياطيات نظرية غير محدودة وملاءمتها البيئية، علاوة على ميزتها الاقتصادية المتمثلة في الثبات النسبي لأسعار الوحدة المنتجة من الطاقة لإنعدام تكلفة الوقود في معظمها و عدم ارتباطها بتقلبات أسعار الوقود الأحفوري؛ غير أن كل نوع من أنواعها يواجه صعوبات في اعتماده بديلا للطاقات الأحفورية، و تشترك في معظمها في خاصية محدودية مجال استخدامها الذي يقتصر على إنتاج الكهرباء.

أ) الطاقة الشمسية : تمثل الشمس أقدم مصادر الطاقة التي عرفها الإنسان و قام باستغلالها منذ فترة طويلة، ورغم أهمية الطاقة الشمسية كمصدر بديل للمصادر التقليدية من خلال استغلال أشعة الشمس عن طريق التحويل المباشر إلى كهرباء بواسطة الخلايا الكهروضوئية، أو عن طريق تجميع الأشعة الشمسية واستغلالها كمصدر

[72] أنظر: ريتشارد هاينبرغ، انتهت الحفلة سراب النفط، النفط و الحرب و مصير المجتمعات الصناعية، ترجمة أنطوان عبد الله، الدار العربية للعلوم ناشرون، بيروت، 2005، ص ص 213 - 215

[73] ثائر محي الدين عزت، مصادر الطاقة المتجددة – حقائق الحاضر وخيارات المستقبل، مجلة العلوم الاقتصادية والإدارية، جامعة بغداد، عدد 64 المجلد 17، 2011، ص 206

للحرارة، إلا أن هذا الاستخدام يتأثر بالأحوال الجوية و الفترات التي تغيب أو تحتجب فيها الشمس. كما أن تكاليف إنتاجها العالية تحد من الاستغلال التجاري الواسع لها حاليا.

وعلى الرغم من أن الطاقة الشمسية متجددة واحتياطياتها كبيرة، إلا أنها تواجه مشكلة صعوبة التخزين كما أنها تنطوي على آثار سلبية على البيئة تتمثل عموما في أن الحقول الشمسية تمتد على مساحات كبيرة من الأراضي، بالإضافة إلى مشكل التخلص من نفايات بعض المواد الخطيرة المستخدمة في صناعة الخلايا بعد نهاية استعمالها.

ب) طاقة الرياح : رغم أن طاقة الرياح تعتبر تنافسية مقارنة بالطاقات المتجددة الأخرى إلا أنها تواجه مجموعة من العوائق كمصدر للطاقة أهمها التباين الموسمي وحتى في اليومي في سرعة الرياح و اتجاهها، مما يؤثر في قدرات إنتاجها التي تعتبر منخفضة مقارنة بالمحطات الحرارية و غير ثابتة لارتباطها بسرعة الرياح. ومن جهة أخرى، فإن تأثيرها السلبي على البيئة يكمن في الحاجة إلى مساحات كبيرة من الأراضي لإنشاء محطات توليد الطاقة والتلوث الضوضائي الناجم حركة المراوح بالإضافة إلى كونها تشكل خطرا على حياة الطيور.[74]

ج) طاقة الكتلة الحيوية : تعتبر طاقة الكتلة الحيوية من مصادر الطاقة المتجددة و النظيفة نسبيا . و تشمل مخلفات المحاصيل الزراعية والغابات، النفايات المنزلية والصناعية العضوية، إضافة إلى محاصيل الزراعات الطاقوية. وتستخدم كمصدر للطاقة عن طريق الحرق المباشر الذي يمثل الاستخدام التقليدي الشائع خاصة في الدول النامية أو بتحويلها إلى وقود سائل أو غازي. إلا أنها تواجه إشكالية منافسة الغذاء على الأراضي الزراعية بالنسبة للجيل الأول، فيما لا تزال اقتصاديات الجيل الثاني والثالث خارج النطاق التجاري.

أما أثرها على البيئة فيكمن في أن استخدام المخلفات العضوية، وخاصة الزراعية منها، يحرم الأراضي الزراعية من الأسمدة الطبيعية، كما أن الزراعات الكثيفة لأغراض طاقوية تساهم في تفاقم بعض المشاكل البيئية كتخضب المياه و إزالة الغابات و غيرها.

د)الطاقة الكهرومائية : تأتي الطاقة الكهرومائية من المساقط المائية الطبيعية أو السدود إضافة إلى طاقة المد والجزر و الأمواج. و يحد من الاستثمار فيها ارتفاع تكاليف إنشاء المشاريع اللازمة لإنتاجها بالإضافة إلى الحاجة لمساحات كبيرة لإقامة هذه المشاريع مما قد ينافس الزراعة على المساحات الصالحة لها. الطاقة الكهرومائية نظيفة نسبيا ولكن لها بعض السلبيات على البيئة في مجال المناخ، تتلخص في زيادة معدلات التبخر وتغير مستوى المياه

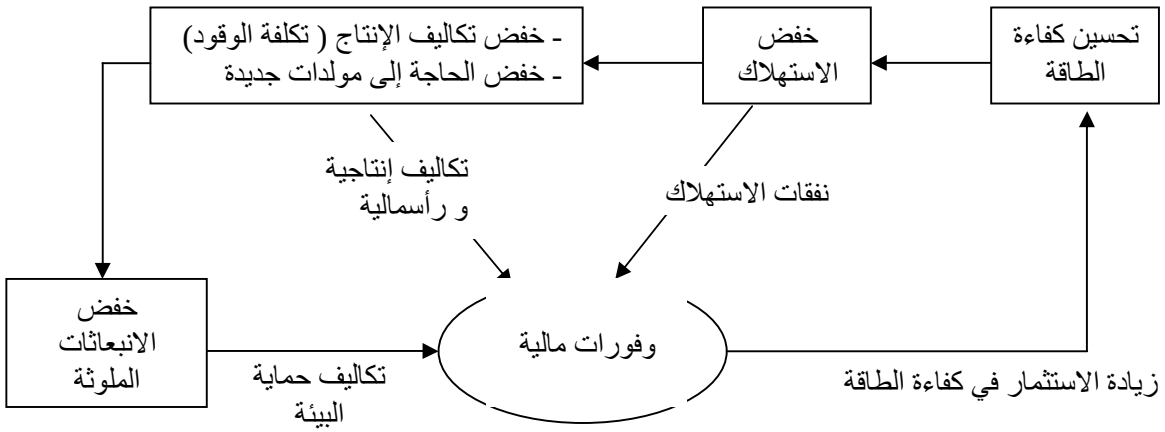
[74] كريستوفر فلافين ونيكولاس لينسن، ما بعد عصر النفط: تصميم اقتصاد قائم على الطاقة الشمسية، ترجمة محمد الحديدي، الدار الدولية للطباعة و النشر، القاهرة، 1992، ص 73

في المسطحات والمجاري المائية، إضافة إلى أن بناء السدود لتوليد الطاقة قد يؤدي إلى تغير الخصائص الحيوية وغير الحيوية للمحيط، مما يؤثر سلبا على التنوع البيولوجي.[75]

المطلب الرابع: اقتصاد الطاقة وكفاءة استخدامها :

1- أهمية اقتصاد الطاقة وكفاءة استخدامها: يمثل اقتصاد الطاقة و كفاءة استخدامها مدخل رئيسي لاستدامة موارد الطاقة، فرغم كون هذه السياسات لم تكن تحصل على الاهتمام والدعم اللازمين، إلا أنها تمكنت من تحقيق توفير على امتداد العقود الثلاثة الماضية أربعة أضعاف التأثير الذي كان للطاقة الجديدة في مجال تلبية الطلب على الطاقة. وانطلاقا من ذلك فإن كفاءة الطاقة تمثل خيارا استراتيجيا في إطار الطاقة المستدامة، حيث أنها تجمع بين ميزتي انخفاض التكلفة و التوفير الكبير، و رغم كون كفاءة استخدام الطاقة ليس مصدرا بديلا للطاقة وبالتالي لا يمكن الحديث عن إحلالها محل الوقود الأحفوري، كما هو الحال لأي بديل طاقوي في الوقت الحالي، إلا أنها تعتبر استثمارا ذا مردود جيد، و تكون عائدات الاستثمار عالية بوجه عام طالما كانت السياسة جيدة التصميم والتطبيق، و العائد المالي من هذه السياسة مؤكد بنفس قدر تأكد العائد من استثمار في بئر نفط أو منجم فحم جديد، ولكن بدرجة أفضل بوجه عام. و الفرق بين الاستثمار في عمليات العرض والطلب هو أن النوع الأول من هذه الاستثمارات يذهب إلى شركات تملك حوافز قوية لمتابعتها، أما النوع الثاني فيتوزع عادة بين ملايين المستهلكين الذين يكونون في أحيان كثيرة غير مدركين لفوائد هذه الاستثمارات.

الشكل رقم(1-3): ديناميكية الاستثمار في كفاءة استخدام الطاقة



المصدر: فاتح بن نونة، سياسة الطاقة و التحديات البيئية، ص 111

[75] محمد مختار اللبابيدي، دور مصادر الطاقة المختلفة في تلويث البيئة وإمكانية الحد منه، النفط والتعاون العربي، العدد 65، الكويت، 1993 ص 85

2- إمكانيات الاقتصاد في الطاقة و ترشيد استخدامها: بإمكان وسائل و تقنيات الاقتصاد في الطاقة تحقيق تخفيضات فورية معتبرة لاستخدام الوقود تصل إلى 2% سنويا في الدول الصناعية كما تساعد في نفس الوقت على تخفيض استخدام الوقود الأحفوري مع استمرار التنمية الاقتصادية في الدول النامية. و علاوة عن كونها لا تنتج أي انبعاثات ملوثة، فإنها تمثل إلى حد بعيد وسيلة جيدة من الناحية الاقتصادية بين مختلف بدائل الطاقة للوفاء بالاحتياجات المتزايدة من الطاقة و خفض انبعاثات المصادر الملوثة، فحسب المجلس الأمريكي لاقتصاد كفاءة الطاقة يمكن توفير ما بين 35% إلى 40% من الكهرباء في الولايات المتحدة بتكلفة تقل عن 3 سنتات لكل كيلوواط/ساعة[76]، و هو مستوى لا يمكن لأي خيار طاقوي متاح حاليا تحقيقه بنفس السرعة و التكلفة المنخفضة.

و تشمل كفاءة الطاقة مختلف مجالات استهلاك و إنتاج الطاقة، حيث يمكن أن تصبح استخدامات الكهرباء في المباني أكثر كفاءة من خلال التكنولوجيا المتاحة التي بإمكانها رفع كفاءة المحركات الكهربائية بما لا يقل عن 40% و أجهزة التبريد بما لا يقل عن 75% ، كما يمكن تحسين كفاءة الإضاءة بما لا يقل عن 75% باستخدام المصابيح الفلورية المزودة بكابح للتيار.[77]

كما يمكن للتوليد المشترك أي إنتاج الحرارة والكهرباء معا، أن ترفع من كفاءة استخدام الطاقة، حيث تسمح باستخدام ما لا يمكن اجتناب فقده من الحرارة أثناء توليد الكهرباء إما استخداما مباشرا أو لتوليد المزيد من الكهرباء، و يمكن لهذه التقنية خفض متطلبات الطاقة و الانبعاثات الكربونية بما يتراوح بين 25% و 40%.[78]

و عموما فإن كفاءة الطاقة تتيح فرصة للحد من الانبعاثات و بالتالي تخفيض تكاليف التدهور البيئي بشكل يمكن أن يفوق بقية البدائل الطاقوية في المدى القريب على الأقل.

و يشكل الاقتصاد في استخدام الطاقة سياسة محبذة في الأزمات، فقد جاء الاهتمام بترشيد استخدام الطاقة بعد ارتفاع أسعار النفط في أعقاب الصدمة النفطية سنة 1973 ؛ إلا أن المقاربة الأكثر فعالية تكمن في الاستثمار في تحسين كفاءة الطاقة التي تشكل إستراتيجية استثمارية، ولسياسة الحكومة أهمية كبيرة في نجاحها. كما أن كفاءة الطاقة ليست سياسة للمدى القصير، فهي لا تكون فعالة بالفعل إلا إذا تم تنفيذها بشكل

[76] كريستوفر فلافين، مرجع سابق، ص 84
[77] نفسه، ص 50
[78] نفسه ، ص 51

متواصل على امتداد فترات طويلة، خاصة إذا علمنا أن حوالي 96.5%[79] من الطاقة المستخدمة في العالم تضيع دون الاستفادة منها حسب دراسة لمجلس الطاقة العالمي.

3- الأدوات الاقتصادية لترشيد استخدام الطاقة: يعني الاستخدام الأمثل للطاقة من الناحية الاقتصادية ترشيد استهلاك الطاقة ، أي تخفيض كمية الطاقة اللازمة لإنتاج وحدة واحدة من سلعة أو خدمة معينة. و هناك طرق تقنية و اقتصادية لترشيد استخدام الطاقة التي من أهمها الأدوات الضريبية.

أ) الضرائب البيئية على الطاقة: تعتبر الضرائب أحد أهم أدوات السياسة المالية. لهذا كانت من أهم السياسات المقترحة لتقليص انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون و تحفيز استخدام الطاقات المتجددة من خلال تأثيرها على الأسعار، و في هذا الإطار تستخدم العديد من الدول مجموعة من الضرائب و الرسوم من أجل تغيير مزيج الطاقة و الانتقال إلى مزيج طاقوي منخفض المحتوى الكربوني.

تعتبر ضريبة الكربون أهم الإجراءات التي اقترح فرضها من طرف دول الاتحاد الأوروبي على مصادر الطاقة بهدف تثبيت انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في سنة 2005 عند مستوى سنة1990 حيث تقوم هذه الضريبة على قاعدتين أساسيتين هما:

- أن الأسعار أفضل وسيلة للتأثير على الطلب، ذلك أن الضريبة ستؤدي إلى رفع مستويات الأسعار بالنسبة للمستهلك النهائي و هو ما ينعكس في خفض استهلاك الوقود، ذلك أن ضرائب الكربون أدوات مالية لها علاقة مباشرة بالسوق، إذ إنه عند فرض الضريبة فإن السلع التي يحتاج إنتاجها لاستهلاك كثيف من الطاقة سيرتفع سعرها و ينخفض هامش ربحها، ونتيجة لذلك فإن قوى السوق ستعمل بصورة أكفأ للحد من استعمالها وبالتالي الحد من الانبعاثات؛
- يعتمد فرض هذه الضريبة على مبدأ الملوث يدفع ، الذي يمثل أحد المبادئ الأساسية في التسيير البيئي.

ولهذه الضرائب تأثيران أحدهما مباشر ناتج من زيادة الأسعار مما يؤدي إلى استثمارات ذات كفاءة والمحافظة على الطاقة والتغير في أنواع الوقود وكيفية استعماله، والتأثير الآخر غير مباشر عن طريق إعادة تدوير حصيلة الضرائب المقتطعة مما يؤدي إلى تغيرات في هيكل الاستثمار والاستهلاك.

[79] Elena Nekhaev, Energy for tomorrow's world, future power developments, Cornhill publications, London 2001, p 14

هناك ثلاث مسائل متعلقة بضرائب الكربون:[80] تأثيرها على المنافسة، وفي العبء الضريبي، وفي البيئة. إن التأثير في المنافسة هو العائق الأول في تطبيق ضرائب الكربون؛ إذ أن الدول التي تفرض مثل هذه الضرائب يمكن أن ترفع تكلفة إنتاجها وتقلل من قدرتها على التنافس.

بالنسبة لتوزيع الدخل فإن الدلائل الأولية تشير إلى أن هذه الضرائب لها تأثيرات سلبية وتؤثر في الفقراء أكثر من تأثيرها في أصحاب المداخيل العالية.

بالنسبة للطاقة المتجددة فإن مثل هذه الضرائب تقلل الاعتماد على الوقود الأحفوري وبالتالي تخفض من انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون وتحسن من إمكانيات الطاقة المتجددة، إلا أنه تجب الإشارة إلى أن الاحتباس الحراري ليس فقط ناتجا من الكربون، لذلك يجب أن يكون هناك اهتمام مماثل بالغازات الأخرى التي قد تؤدي إلى حدوث هذه الظاهرة.

ب) الضرائب على الوقود: تفرض ضريبة الطاقة على محتوى الطاقة لأنواع الوقود المختلفة، مثلا دولار لكل وحدة حرارية بريطانية من مصدر طاقة معين، بغض النظر عن محتواه من الكربون. ولما كان الفحم هو الوقود المتوفر بكثرة في معظم الدول الصناعية وهو مدعوم في كثير من الحالات، فقد كان هناك اتجاه لدى الدول الأوروبية لفرض ضريبة مشتركة على محتوى الوقود من الطاقة و الكربون، بحيث تكون نصف قيمتها على محتوى الوقود من الكربون والنصف الآخر على محتواه من الطاقة. أما الولايات المتحدة الأمريكية فقد اتجهت إلى فرض ضريبة على أساس المحتوى من الطاقة وتخضع لها جميع مصادر الطاقة التقليدية بما فيها الطاقة الكهربائية النووية على أساس المحتوى الحراري لوقود اليورانيوم، و الطاقة الكهرومائية أيضا. و في نفس السياق فرضت العديد من دول منظمة التعاون الاقتصادي و التنمية مجموعة من الضرائب على عدة أنواع من الوقود تشمل البنزين و الديزل و وقود الطائرات و السفن و الكهرباء و غيرها.[81] تهدف هذه الضرائب في مجملها إلى تخفيض استهلاك النفط بشكل أساسي و تشجيع استخدام مصادر الطاقة البديلة، علاوة على كونها مصدرا هاما لتمويل الميزانية العامة في الدول الصناعية.

ج) ضرائب التغير المناخي: تندرج هذه الضريبة في إطار الخطة الأوروبية للمتاجرة بالانبعاثات التي بدأ تطبيقها في 2005، وقد بدأت الحكومة البريطانية فرض ضريبة خاصة على القطاع العام والشركات كثيفة الاستعمال للطاقة وأعفي منها قطاع الطاقة المتجددة وسميت هذه الضريبة بضريبة التغير المناخي، و تمثل التجربة البريطانية

[80] هشام الخطيب، مرجع سابق، ص، 30

[81] OCDE, **les taxes liées a l'environnement dans les pays de l'OCDE**, PROBLEMES ET STRATIGIES, Editions de l'OCDE, Paris, 2001, p 58 - 63

نموذجا للبدء بخطة مماثلة تشمل جميع دول الاتحاد الأوروبي. بلغت قيمة الضريبة في بريطانيا 4.30 جنيه إسترليني لكل كيلوواط ساعة من الاستهلاك الصناعي سنة 2003، و قد أبدت الحكومة البريطانية استعدادها لإعادة 80% من قيمة ضريبة التغير المناخي للشركات التي تحقق نتائج مرضية في تحسين كفاءة استعمالها للطاقة أو في تخفيض الغازات المنبعثة منها.[82]

و الملاحظ أن هذه الضرائب تتحيز لصالح الفحم و يتحمل النفط و الغاز عبء إعانة الفحم لاعتبارات سياسية حيث أن هذه الدول الصناعية تنتج الفحم الحجري و تخشى على صناعته من الآثار السالبة لهذه الضريبة.

إضافة إلى ذلك يظهر الهدف المالي لهذه الضرائب بشكل أقوى من الهدف البيئي، فحكومات الدول الصناعية تتحصل من فرض الضرائب على النفط مثلا ما يقارب ثلاثة أضعاف ما تحصل عليه الدول المنتجة له من العوائد.

ضرائب الكربون لن تحد من ظاهرة التغير المناخي ، حيث تشير دراسة لوكالة الطاقة الدولية أن 70% من الانخفاض في انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون يعود إلى تحسين كفاءة استغلال الطاقة و 30% يعود إلى إحلال الوقود النظيف محل الوقود الملوث.

فمن خلال هذا العرض لمصادر الطاقة المختلفة المقترحة كبدائل لمصادر الطاقة الحالية وخاصة النفط ، نلاحظ أنها لم تحقق النجاح المتوقع لها ، وذلك لأسباب إما اقتصادية أو تقنية أو بيئية ، بالإضافة إلى أن بعضها لا يزال في طور التجربة.

[82] هشام الخطيب، مرجع سابق، ص، ص 26-28

المبحث الرابع: تحديات الطاقة في قطاع النقل

يمثل قطاع النقل أحد أهم القطاعات المستهلكة للطاقة، مما جعله يحظى بأهمية كبيرة في إطار سياسة الطاقة في مختلف دول العالم نظر لدوره في التنمية الاقتصادية و حجم استهلاكه الكبير و المتزايد من الوقود.
و في سياق السعي إلى الانتقال من الاقتصاد القائم على القاعدة النفطية إلى اقتصاد يقوم على مصادر الطاقة الجديدة و المتجددة، فإن قطاع النقل يقع في مركز الاهتمام لكونه يعتمد بشكل مطلق على المشتقات النفطية كوقود و هو ما يظهر في تطوير أنواع مختلفة من الوقود لهذا القطاع.

المطلب الأول: الأهمية الاقتصادية لقطاع النقل

يلعب قطاع النقل بمختلف فروعه دورا مهما في عملية التنمية الاقتصادية والاجتماعية المستدامة ، إذ أنه يعد عاملا حيويا في تطوير الأنشطة الاقتصادية المختلفة و يشكل مكونا هاما من مكونات البنية الأساسية للاقتصاد الوطني نظراً لما له من تأثير على بقية القطاعات الاقتصادية مثل قطاع الصناعة، التجارة وقطاع السياحة وغيرها من القطاعات والأنشطة الاقتصادية الأخرى. و تتجسد أهمية هذا القطاع في تأثيره المباشر على حياة الأفراد وعلاقته الوثيقة مع القطاعات الاقتصادية الأخرى من خلال الربط بين مختلف نقاط العملية الإنتاجية وتقليص المسافات بين المنتج والمستهلك وبما يمثله من اختصار لعامل الزمن وتأثيره المباشر والكبير على التكامل الاقتصادي الوطني و الدولي.

1- تطور الطلب العالمي على النقل: يرتبط الطلب على النقل بمجموعة من العوامل الاقتصادية و الاجتماعية و من أهمها مستوى الدخل، المسافة الفاصلة بين مكان العمل و مكان الإقامة، الوقت المتاح للراحة و التسلية وحجم المبادلات التجارية و غيرها، و قد ترجم ارتفاع الدخل و التطورات التكنولوجية و البنية التحتية لقطاع النقل وزيادة الوقت المتاح للراحة في شكل زيادة في الطلب على النقل من خلال زيادة عدد الرحلات و المسافات المقطوعة في مختلف أشكال النقل.

أ) النقل البري: يعرف الطلب على النقل البري توسعا كبيرا على المستوى العالمي و يظهر ذلك من خلال النمو الذي عرفته الحظيرة العالمية لوسائل النقل، فقد بلغ عدد مركبات نقل البضائع و نقل المسافرين أكثر من 200

مليون مركبة في نهاية سنة 2008، يتركز ما يقرب من نصف هذه الحظيرة في الولايات المتحدة الأمريكية. و تظهر دراسة لمجموعة الهندسة الإستشرافية (CLIP) سنة 1993 التطور الكبير الذي عرفه الطلب العالمي على النقل البري للمسافرين و البضائع و ارتباطه بالنمو الاقتصادي، و تبين هذه الدراسة أن نمو النقل يتجاوز نمو الناتج العالمي. وقد شهد النقل البري نموا غير متوازن في أهم مناطق العالم، فبينما كان النمو متقاربا في دول مجموعة OCDE بـ 30% في الولايات المتحدة الأمريكية، 29% في أوروبا و 27% في اليابان ما بين 1990 و2005 فقد كان هذا النمو بوتيرة أسرع في كل من الهند بـ 57% خلال نفس الفترة و الصين بـ 86% بين 2000 و 2005. و يظهر الجدول التالي نمو النقل البري للبضائع لبعض أهم المناطق في العالم و نمو الناتج الداخلي الخام.[83]

جدول رقم (1-7): تطور النقل البري للبضائع 1990 – 2005

	1990	1995	2000	2005	معدل نمو النقل البري %	معدل نمو الناتج الداخلي الخام %
	مليار طن/كم					
كندا	247	283	348	346	2.5	2.7
الصين			439	751	11	9
اليابان	779	904	967	916	1	1.4
أوروبا (OCDE)		1370	1591	1705	2	1.8
الو م أ	1755	2154	2490	2693	2.3	3

Source: Agence Française de Développement, **Les transport face aux défis de l'énergie et du climat,** p 19

ب) النقل بالسكك الحديدية: تختلف أهمية النقل بالسكك الحديدية من منطقة إلى أخرى عبر العالم، و بوجه عام ورغم النمو الذي عرفه على المستوى العالمي إلا أنه يبقى أقل أهمية من النقل البري عبر الطرقات بفرعيه نقل البضائع و نقل المسافرين، فرغم النمو المسجل في مجال نقل المسافرين بالسكك الحديدية و الذي بلغ 20% منذ سنة 2002 إلا أن دوره يبقى هامشيا حيث لا يمثل سوى 8% من إجمالي نقل المسافرين عبر العالم. نفس المشهد تقريبا يعرفه نقل البضائع الذي يعرف نموا سنويا بمعدل 6% سنويا منذ 2002 مدفوعا بزيادة حصته

[83] [83] Agence Française de Développement, **Les transport face aux défis de l'énergie et du climat**, document de travail n° 86, Paris 2009, pp 18- 20

ضمن إجمالي النقل في أهم الاقتصادات خاصة في أمريكا الشمالية بزيادة تقارب 37% (منها 80% في الولايات المتحدة الأمريكية) ما بين 2002 و 2007، الصين بحوالي 73% و روسيا بـ 75% خلال نفس الفترة.[84]

ج) النقل الجوي: عرف النقل الجوي بفرعيه نموا كبيرا و مضطردا منذ سبعينيات القرن الماضي، و يظهر ذلك من خلال مضاعفة حجم نقل المسافرين الذي بلغ 4 مليار شخص في سنة 2005 ما يعادل 12% من إجمالي نقل المسافرين عبر العالم مقابل حوالي 1مليار شخص سنة 1980 بمعدل نمو سنوي قدره 5.7% سنويا. نفس الأمر شهده نقل البضائع و بوتيرة أسرع حيث تضاعف حجم البضائع المنقولة جوا بـ 58 مرة خلال الفترة 1960-2002 ليقفز من حوالي 2 مليار طن/ كم إلى 117 مليار طن/ كم، و يعود هذا النمو الكبير إلى استخدام الناقلات الجوية العملاقة و تطور خدمة النقل السريع للبضائع خلال السبعينيات من القرن الماضي.[85]

د) النقل البحري: شهد النقل البحري بدوره نموا سريعا مدفوعا بنمو حجم التبادل التجاري الدولي بفعل اتساع حركة العولمة خلال تسعينيات القرن الماضي حيث بلغ حجم التبادل التجاري الدولي حوالي 40% من الإنتاج العالمي و تضاعف حجم التجارة الدولية المنظورة بأكثر من 11 مرة خلال الربع الأخير من القرن العشرين،[86]وتبعا لذلك ارتفع حجم البضائع المنقولة بحرا من 5.1 مليار طن سنة 2000 إلى 7.4 مليار طن سنة 2007 لتصل إلى أكثر من 8.4 مليار طن سنة 2010 بمتوسط نمو بلغ 7% سنويا[87]، و ساهم في ذلك النمو الكبير لصادرات دول جنوب شرق آسيا و بشكل خاص الصين التي ارتفعت مساهمتها في حجم البضائع المنقولة بحرا عبر العالم من 2.5% سنة 1997 إلى 8.8% سنة 2005[88] علاوة على التطور التقني الذي عرفه أسطول النقل البحري.

2- آفاق تطور الطلب العالمي على النقل: يتوقع أن يشهد الطلب على النقل بمختلف أنواعه نموا كبيرا بحلول منتصف القرن الحالي حيث سيرتفع الطلب على النقل البري للمسافرين بـ 150%و نقل البضائع بـ 200 %

[84] Agence Française de Développement, Op cit, pp 20-22
[85] Idem, pp 22-23
[86] أحمد عبد الرحمن أحمد، العولمة : المظاهر و المسببات، مجلة العلوم الاجتماعية، المجلد 26 العدد 1، جامعة الكويت، 1998، ص 56
[87] CNUCED, étude sur les transports maritimes 2011, united nations publications, Genève, 2012, p 8
[88] Agence Française de Développement, Op cit, p 24

كما يعرف النقل الجوي للمسافرين و البضائع نموا معتبرا يقدر بـ 5% سنويا[89] و تتوقع دراسة لمجلس الطاقة العالمي أجريت سنة 2011 حول سيناريوهات النقل الدولية في آفاق سنة 2050 أن يكون معظم النمو في الطلب على النقل في الدول النامية حيث تتوقع الدراسة أن يرتفع عدد المركبات في العالم ما بين 220 % إلى 260 % بنهاية نصف القرن الحالي أين تعرف الدول النامية نموا يتراوح بين 340 % و 557 % في حين أن الدول المتقدمة ستشهد ارتفاعا يتراوح بين 36 % و41% مقارنة بسنة 2010[90] و في نفس السياق هناك توقع بانتقال مركز الطلب العالمي على الوقود من الدول المتقدمة إلى الدول النامية خصوصا الاقتصادات الصاعدة في كل من الهند و الصين هذا النمو الكبير لقطاع النقل سيكون له انعكاس على الطلب على الطاقة و النفط بشكل خاص.

المطلب الثاني: الطلب على الطاقة في قطاع النقل

يتطلب قطاع النقل كغيره من قطاعات النشاط الاقتصادي استهلاكا متزايدا من الطاقة تماشيا مع نمو هذا القطاع و دوره في الاقتصاد العالمي.

1- أهمية استهلاك الطاقة في قطاع النقل: يعد قطاع النقل من القطاعات الرئيسية المستهلكة للطاقة، فقد استهلك قطاع النقل العالمي حوالي 2200 م ط م ن سنة 2010 أي ما يقارب 20 % من إجمالي الطاقة الأولية المستهلكة عالميا[91] و يعتمد أساسا على مجموعة من مصادر الطاقة التقليدية السائلة المشتقة من النفط والسوائل غير التقليدية المستمدة من تحويل الغاز الطبيعي و تحويل الفحم الحجري و أنواع الوقود الحيوي إضافة إلى النفط غير التقليدي.

و يرتبط هذا القطاع ارتباطا وثيقا بالمشتقات النفطية ، إذ يستحوذ على أكثر من 60% من إجمالي حجم النفط المستهلك في العالم و الذي يبلغ حوالي 87 مليون برميل يوميا، وتسيطر أنواع المشتقات النفطية السائلة على أكثر من 50% من إمدادات الطاقة الحالية لقطاع النقل.

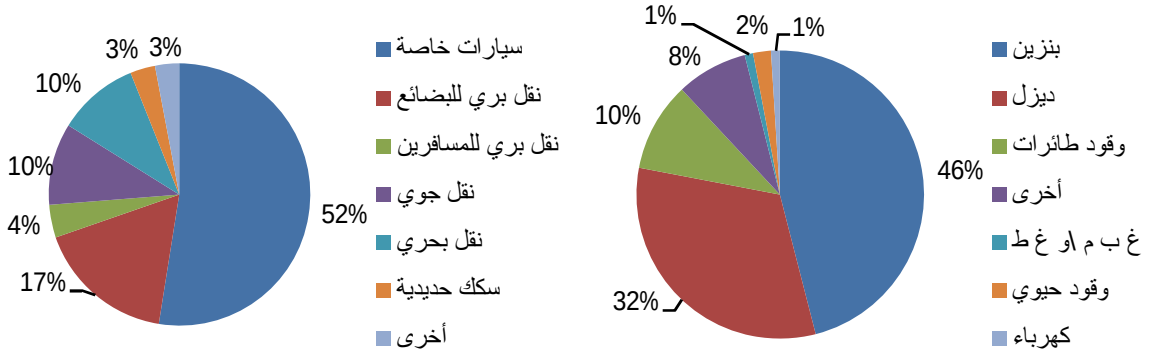
---

[89] Alexandre Rojey, Op cit, p 23

[90] world Energy council, Global transport scenarios 2050, London 2011, p 09

[91] مأمون عبسي حلبي، بدائل الوقود في قطاع النقل و اقتصادياتها، الملتقى الحادي و العشرين لأساسيات صناعة النفط و الغاز، أوابك، 27-31 مارس 2011، الكويت، ص 9

الشكل رقم (1-4): استهلاك قطاع النقل من الطاقة حسب نوع الوقود و طبيعة النقل 2010

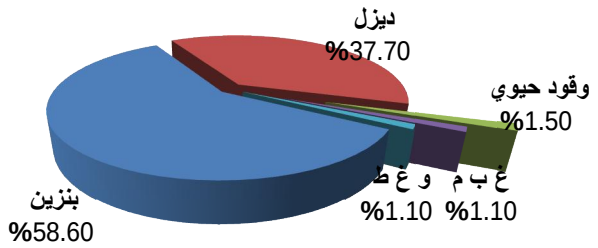


Source: World Energy Council , Global Transport Scenarios 2050, p 09

2- **توزيع استهلاك الطاقة في مختلف فروع النقل:** تسيطر المشتقات النفطية على استهلاك مختلف أنواع النقل كما هو موضح في ما يلي

أ) **النقل البري:** يستهلك النقل البري القسم الأكبر من الطاقة في قطاع النقل إذ يستحوذ على أكثر من 75% من إجمالي استهلاك القطاع، ويسطر الوقود النفطي على معظم استهلاك الوقود في وسائط النقل البرية بنسبة تصل إلى حوالي 98% خاصة البنزين و الديزل، ووصل استهلاك النقل البري من الوقود إلى 1630 م ط م ن ليتضاعف بذلك استهلاك هذا الفرع بـ 2.6 مرة مقارنة بسنة 1971، و يعود هذا النمو بشكل أساسي إلى الزيادة الكبيرة التي عرفتها الدول النامية و التي تضاعف استهلاك الوقود في النقل البري بها بـ 5.6 مرة خلال نفس الفترة.[92]

الشكل رقم (1-5): إستهلاك الوقود في فرع النقل البري 2007



المصدر: من إعداد الباحث اعتمادا على بيانات

Agence Française de Développement, **Les transport face aux défis de l'énergie et du climat**, document de travail n° 86, Paris 2009

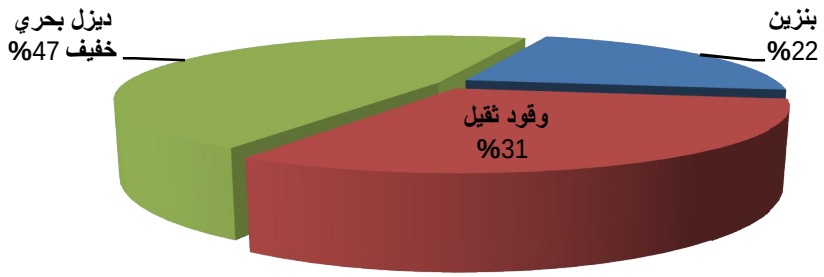
[92] Agence Française de Développement, Op cit, p 10

ب) النقل بالسكك الحديدية: يمثل النقل بالسكك الحديدية استثناءا بين بقية فروع النقل إذ أنه الفرع الوحيد الذي شهد استهلاكه من الطاقة تراجعا ملحوظا بالقيم النسبية و المطلقة حيث انخفض حصته من 8 % إلى 3 % من إجمالي استهلاك القطاع مابين سنتي 1971 و 2005 ليتراجع استهلاكه من 77 م ط م ن إلى 61 م ط م ن مع ملاحظة تزايد استخدام الكهرباء في النقل بالسكك الحديدية و التي أصبحت تغطي 29% من احتياجات هذا الفرع.[93]

ج) النقل الجوي: يحتل فرع النقل الجوي المرتبة الثانية بعد النقل البري من حيث حجم الاستهلاك الطاقوي بحوالي 11% من إجمالي استهلاك القطاع، و يهيمن الوقود النفطي هيمنة مطلقة على الوقود المستخدم في هذا الفرع الذي يعتمد على الكيروسين بنسبة 99.9% كما يستعمل نوع من الوقود قريب من البنزين بشكل هامشي. وقد شهد استهلاك الطاقة في النقل الجوي نموا معتبرا خاصة خلال العشريتين الأخيرتين من القرن العشرين بمعدل نمو بلغ 3% سنويا و انخفض إلى 2% سنويا مع بداية القرن الحالي.[94]

د) النقل البحري: يحتل النقل البحري المرتبة الثالثة من حيث استهلاك الطاقة و يعتمد كليا على الوقود النفطي ب100% وقد شهد هذا الفرع نموا كبير في استهلاك الطاقة منذ منتصف ثمانينيات القرن الماضي مدفوعا بزيادة حجم المبادلات الدولية و النمو السريع لاقتصادات دول جنوب شرق آسيا و الهند و الصين، هذه الأخيرة التي ارتفع استهلاك النقل البحري من الطاقة بها من 0.2م ط م ن سنة 1971 إلى 9 م ط م ن في سنة 2005[95]

الشكل رقم (1-6): إستهلاك الوقود في فرع النقل البحري



المصدر: نفس مصدر الشكل السابق

[93] Agence Française de Développement, Op cit, p 11
[94] Idem
[95] Idem, p 12

3- آفاق الطلب على الطاقة في قطاع النقل: يبلغ معدل نمو استهلاك الطاقة في قطاع النقل 1.8 % سنويا[96] أي أنه ينمو بصورة أسرع من معدل نمو الطلب الاجمالي على الطاقة وتبعا لذلك من المتوقع أن ترتفع حصة قطاع النقل من الوقود النفطي السائل إلى 61 % لتصل إلى حوالي 51.6 مليون برميل نفط مكافئ يوميا في 2030 مقارنة بحوالي 40.4 مليون برميل نفط مكافئ في سنة 2010 [97]العديد من العوامل التي تسهم في نمو استهلاك الطاقة في قطاع النقل كنمو الاقتصاد العالمي و نمو حجم التجارة العالمية فيما يعزى السبب الرئيسي إلى النمو المتسارع لقطاع النقل في دول الاقتصاديات الصاعدة خاصة الصين و الهند و في الدول النامية.

ونظرا لكون قطاع النقل من القطاعات المؤثرة بشكل مباشر في نمو الاقتصاد العالمي والذي تتزايد أهميته مع النمو المستمر للعولمة وللتجارة البينية يكتسب موضوع تأمين مصادر الطاقة لهذا القطاع أهمية كبيرة.

4- الآثار البيئية لاستهلاك الطاقة في قطاع النقل: أدى الاستهلاك الكبير لقطاع النقل من الوقود النفطي إلى تزايد حجم إنبعاثاته الملوثة و بشكل خاص غازات الاحتباس الحراري و التي عرفت نموا مضطردا منذ سبعينيات القرن الماضي من أقل من 20% سنة 1971 إلى 23% في 1990 لتبلغ 27% من إجمالي انبعاثات النظام الطاقوي العالمي من ثاني أكسيد الكربون ما يعادل 7000 مليون طن[98] و هو ما يجعل قطاع النقل ثاني أكبر مصدر لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون بعد قطاع إنتاج الكهرباء، و خلال السنوات القادمة سيكون قطاع إنتاج الكهرباء المصدر الأول لانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في الدول النامية متبوعا بقطاع النقل بينما في الدول المتقدمة ستكون انبعاثات القطاعين بنفس المستوى.

علاوة على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون يمثل قطاع النقل مصدرا أساسيا لانبعاثات غاز الميثان و أكسيد الآزوت و ملوثات أخرى شديدة الخطورة على الصحة البشرية و تلويث الأوساط الحيوية خاصة الموارد المائية كالرصاص و المركبات العضوية الطيارة و الجزيئات الدقيقة العالقة في الهواء الناتجة عن الاحتراق غير الكامل للوقود و الإضافات التي تستخدم لتحسين خصائص الوقود كفاءته، و هو ما دفع إلى تطوير بدائل أكثر ملاءمة للبيئة.

[96] World Energy Council , Global Transport Scenarios 2050, London, 2011, p 09

[97] مأمون عبسي حلبي، مرجع سابق، ص 16

[98] Agence Française de Développement, OP Cit, p 14

المطلب الثالث: الوقود البديل و منظومة النقل البديلة

يعتمد قطاع النقل على الوقود النفطي بأكثر من 85 % و في سياق ارتفاع أسعار أنواع الوقود النفطي و التوجه نحو الحد انبعاثات غازات الاحتباس الحراري تتعدد البدائل الطاقوية المستخدمة في قطاع النقل حيث يجري تطوير أنواع متعددة من الوقود للحلول محل المشتقات النفطية مستقبلا و التحول إلى منظومة نقل بديلة تعتمد أساسا على مصادر طاقة متجددة، ملائمة بيئيا و مجدية اقتصاديا.

1- مفهوم الطاقة البديلة: على الرغم من أن مفهوم الطاقة البديلة عرف على مر تاريخ تطور المجتمع البشري إلا أنه اكتسب أهميته خلال سبعينيات القرن الماضي خاصة بعد الصدمة النفطية الأولى سنة 1973 حيث أصبح أكثر تداولا في أدبيات الطاقة العالمية، وقد مكنت التطورات التكنولوجية من إيجاد مجموعة من البدائل لتأمين احتياجات العالم من مصادر الطاقة.

و تمثل الطاقة البديلة كل مصدر طاقوي يحقق مزايا عديدة مقارنة بمصدر طاقة مستخدم حاليا و يمكن إحلاله محل المصدر الحالي لاعتبارات متعددة مثل مدى توفره محليا أو مزاياه البيئية و الاقتصادية أو سهولة إمداداته وأمنها.[99] وبما أن النفط يعتبر أهم مصدر للطاقة في عالمنا المعاصر فإن مفهوم مصادر الطاقة البديلة ينصرف إلى مصادر الطاقة التي يمكن أن تحل محل النفط.

2- أسباب البحث عن بدائل لوقود النقل: ولد الارتباط الشديد لقطاع النقل بالوقود النفطي مشاكل عديدة على الصعيد الاقتصادي و البيئي على وجه الخصوص جعلت البحث عن بدائل أمرا بالغ الأهمية، وتختلف الدوافع وراء النشاطات المتعلقة بتطوير بدائل لوقود النقل من دولة إلى أخرى و من أهم أسباب البحث عن بدائل لوقود النقل نجد:

- الاعتماد المطلق على مورد نادر و غير متجدد في ظل النمو الكبير للطلب العالمي على الطاقة خاصة في كل من الاقتصاد الصيني و الهندي و تبني العديد من الأطراف لنظرية ذروة الإنتاج النفطي التي تعكس نظرة تشاؤمية حول قرب نفاذ الاحتياطيات النفطية العالمية.

- ارتفاع أسعار النفط في السنوات الأخيرة و ما يشكله من عبء على الميزان التجاري للعديد من الدول المستوردة للنفط خاصة النامية فقد قررت إثيوبيا في سنة 2008 التخطيط لإنتاج حوالي مليار لتر من الإيثانول

[99] مأمون عبسي حلبي، مرجع سابق، ص 17

الحيوي بالاعتماد على قصب السكر المنتج في المزارع الحكومية و كذلك إنتاج الديزل الحيوي من مزارع الجاتروفا والخروع و زيت النخيل بهدف خفض فاتورة استيراد النفط رغم كونها تعاني من الجفاف و المجاعة، من جهة أخرى قررت حكومة سوازيلاند إنتاج و تصدير الإيثانول إلى الأسواق الأوروبية اعتمادا على الكاسافا أحد محاصيلها الرئيسية بتخصيصها لمساحات واسعة لهذه الزراعة على الرغم من معاناتها من انتشار المجاعة أيضا.[100]

- تزايد الضغوط البيئية بسبب ارتفاع المحتوى الكربوني للمنتجات النفطية و انبعاث غازات الاحتباس الحراري المتولدة عن نشاطات تكرير النفط و حرق الوقود في محركات وسائل النقل

3- أهم أنواع الوقود البديل في قطاع النقل: تركزت جهود البحث و التطوير على قطاع النقل البري الذي يستهلك ما يقارب 90 % من الوقود المستخدم في قطاع النقل، توجد حاليا مجموعة من بدائل الوقود منها ما هو مستخدم على نطاق تجاري و منها ما هو طور التطوير، و تختلف أنواع الوقود حسب كثافة الطاقة في كل نوع، هذه الاختلافات تمثل أهم أسباب تفضيل الوقود النفطي. و من أهم أنواع الوقود البديل نجد:

أ) غاز البترول المميع (GPL): عبارة عن مزيج من البروبان و البيوتان ينتج من تكرير النفط و معالجة الغاز الطبيعي و يمثل أول وقود بديل حقيقي للمشتقات النفطية و عرف استخدامه نموا معتبرا في عدة مناطق من العالم خاصة في دول منظمة التعاون و التنمية بفضل توسع حظيرة السيارات المستخدمة لهذا النوع من الوقود و تعتبر إيطاليا من الدول الرائد حيث تتوفر على أكثر من مليون سيارة مجهزة لاستخدام غاز البترول المميع متبوعة ببولونيا بحوالي نصف مليون سيارة و ألمانيا بـ 200000 سيارة[101] بينما تحصي الولايات المتحدة الأمريكية حوالي 165 ألف سيارة وقد استهلكت الدول الأوروبية ما يقارب 5.7 م ط م ب من غاز البترول المميع سنة 2006. وحسب الجمعية العالمية لغاز البترول المميع فقد وصل حجم الحظيرة العالمية العاملة على هذا الوقود إلى حوالي 16 مليون مركبة في سنة 2011[102]

ب) وقود الغاز الطبيعي (GNV)\(GNC): يتزايد الاهتمام بالغاز الطبيعي كوقود في قطاع النقل تماشيا مع تطور سوق الغاز الطبيعي و الوفرة النسبية لهذا المصدر الطاقوي و مزاياه البيئية مقارنة بالنفط، و رغم ذلك لا يزال

[100] راغدة حداد، الوقود الحيوي ذهب أخضر يؤجج أزمة الغذاء، مجلة البيئة و التنمية، المجلد 13، عدد 124-125 جويلية، أوت 2008، المنشورات الثقافية، بيروت، 2008، ص 24

[101] IFP, Les énergies pour transport: avantages et inconvénients, disponible sur le lien : http://www.ifpenergiesnouvelles.fr/Publications/Etudes-disponibles/Notes-de-synthese-Panorama/Panorama-2009 consulté le: 17/05/2014

[102] WEC, op.cit. p 25

استخدام الغاز الطبيعي كوقود للنقل هامشيا، و تعتبر إيطاليا سوقا رائدا في هذا المجال بفضل سياسة تمتد منذ ثلاثينيات القرن الماضي. و حسب الجمعية الدولية لمركبات الغاز الطبيعي فقد بلغ عدد السيارات المستخدمة لهذا الوقود عالميا أكثر من 11.4 مليون مركبة معظمها سيارات خفيفة و تمثل الشاحنات و الحافلات حوالي 6 % يتركز معظمها في كل من باكستان (20%)، الأرجنتين (16%)، البرازيل (14.5%)، إيران (15%) وإيطاليا (6%).[103]

ج) الوقود الحيوي: يستخدم في الوقت الحالي نوعان رئيسيان من الوقود الحيوي السائل هما الإيثانول و الديزل الحيوي المستخرجان من الكتلة الحيوية النباتية و الحيوانية، و يتزايد الاهتمام بالوقود الحيوي باضطراد في السنوات الأخيرة في البرامج المنتهجة من العديد من الدول خاصة الولايات المتحدة الأمريكية و البرازيل أكبر منتجين ومستهلكين للإيثانول الحيوي و ألمانيا أكبر منتج للديزل الحيوي في العالم، و يمتاز الوقود الحيوي بعدة ميزات تجعله المرشح الأبرز لتعويض الوقود النفطي مستفيدا من إمكانية استغلال شبكة التوزيع التقليدية و عدم الحاجة إلى تغييرات تقنية كبيرة على محركات وسائل النقل المستخدمة له. ويتوقع أن يستمر نمو بدائل وقود النقل المشتقة من الكتلة الحيوية بمعدل 6% سنويا وسيرتفع بذلك معدل الإنتاج من حوالي 1 م ب م ن يوميا في عام 2008 إلى ما بين 3 و3.5 م ب م ن يوميا في آفاق 2030،[104] مدفوعا بالتشريعات التي تم إقرارها في كل من الولايات المتحدة الأمريكية و دول الإتحاد الأوروبي والمشجعة على إنتاج الوقود الحيوي.

د) الكهرباء: تتزايد أهمية الكهرباء في قطاع النقل و قد بدأ دخول المحرك الكهربائي فعليا بفضل تقنية محركات السيارات الهجينة التي يعرف إنتاجها توسعا مطردا من طرف معظم مصنعي السيارات في العالم.

هـ) الوقود السائل الصناعي (XTL): يتم إنتاج الوقود الصناعي السائل من ثلاثة مصادر أساسية هي الغاز الطبيعي، الفحم الحجري و الكتلة الحيوية و ذلك عبر مرحلتين حيث يتم تحويل مصدر الطاقة الأولي إلى مزيج غازي مكون من الهيدروجين و أكسيد الكربون ثم يحول المزيج الغازي كيميائيا إلى وقود سائل. و يعتبر الوقود المنتج من الغاز الطبيعي (GTL) من أحسن أنواع الوقود بيئيا و يمكن إنتاجه بشكل اقتصادي مقارنة بالوقود المنتج من الفحم الحجري (CTL)و الكتلة الحيوية (BTL) ويعود تاريخ تطوير هذا النوع من الوقود إلى الحرب

[103] WEC, op.cit. p 24

[104] مأمون عبسي حلبي، مرجع سابق، ص 46

العالمية الثانية في ألمانيا لخفض اعتمادها على النفط خلال الحرب، وحاليا يتم إنتاجه بشكل واسع في ألمانيا وجنوب إفريقيا التي تعتبر أكبر منتج عالميا بقدرة إنتاجية تصل إلى 200000 برميل يوميا، اعتمادا على الغاز الطبيعي بشكل أساسي والفحم الحجري.[105]

4- منظومة النقل البديلة: ينطلق الانتقال إلى منظومة النقل البديلة من التطوير التدريجي لمنظومة النقل القائمة حاليا و تكييفها بإدخال مصادر طاقة جديدة يمكن استخدامها بالتوازي مع الوقود التقليدي ثم التحول إلى منظومة تعتمد على الطاقة المتجددة كليا من خلال ما يلي:

أ) ملاءمة وسائل النقل مع الوقود البديل: يتطلب استبدال الوقود النفطي تكاليف كبيرة و وقتا طويلا إذ ينطوي على إحداث تغييرات جذرية في منظومة النقل القائمة حاليا، لذلك يتم العمل على إجراء تعديلات على تصاميم المحركات لكي تتلاءم مع استخدام أنواع من الوقود البديل كالغاز الطبيعي أو الوقود الحيوي السائل. هذه التقنية تعرف انتشارا في العديد من الدول و تعتبر مقبولة لكون تكاليف تعديل المحركات منخفضة نسبيا و من أهم مزاياها أنها تتيح إمكانية الاستفادة المباشرة من بعض أنواع الوقود البديل المتوفرة حاليا و المساهمة في تحسين الأداء البيئي لوسائل النقل. و من أهم التطورات التقنية في هذا المجال نجد المركبات ثنائية الوقود (Bicarburation) التي يمكنها العمل بالوقود التقليدي و الوقود البديل في نفس الوقت، و تقنية سيارات الوقود المرن (FFV) التي يمكنها استعمال الوقود الحيوي ممزوج بأي نسبة من الوقود التقليدي و قد بدأت العديد من مؤسسات تصنيع السيارات العالمية طرح أنواع من هذه السيارات في السوق منذ سنة 2005 بلغت 400000 سيارة خلال نفس السنة.[106]

ب) تطوير وسائل النقل الهجينة: تمثل وسائل النقل الهجينة مرحلة متقدمة في سياق الانتقال إلى منظومة النقل البديلة، هذه الوسائط تستخدم محركين أحدهما محرك احتراق داخلي يعمل بالوقود التقليدي أو أحد أنواع الوقود البديل و هو المحرك الرئيسي للسيارة و محرك آخر كهربائي يتم استخدامه في المحيط الحضري أو عند قيادة السيارة بسرعة منخفضة، و من أهم مزايا السيارات الهجينة الكفاءة في استخدام الطاقة و تخفيض انبعاث ثاني أكسيد الكربون بحوالي 1.2 طن سنويا. و رغم أن سعر السيارة الهجينة يفوق سعر السيارة العادية من نفس الطراز بحوالي

[105] Alexandre Rojey, Op Cit, p156
[106] Daniel Ballerini, LES BIOCARBURANTS Etat des lieux, Perspectives et enjeux de développement, Edition TECHNIP, Paris 2006, P 33

25% إلا أن التكلفة الرأسمالية و التشغيلية تصبح متساوية خلال 8 سنوات نظرا لما توفره السيارة الهجينة من سعر الوقود.[107]

ج) **تدعيم متطلبات المنظومة البديلة:** يستدعي التحول إلى منظومة النقل البديلة تكييف المنظومة القائمة وتعديلها لتتلاءم مع المتطلبات المستقبلية و من أهم هذه المتطلبات:

- إيجاد بنية تحتية متكاملة ملائمة لنقل و تخزين و توزيع الوقود البديل للوفاء باحتياجات المستهلكين بمرونة تماثل النمط الحالي و التي تتطلب استثمارات كبيرة؛
- توفير وسائل نقل بتكاليف منخفضة و بمواصفات تتيح للمستهلكين تلبية احتياجاتهم و أذواقهم؛
- انخفاض كثافة الطاقة في أنواع الوقود البديل مقارنة بالوقود النفطي حيث تنخفض المسافة المقطوعة لكل غالون من الإيثانول بنسبة 25% مقارنة مع البنزين.[108]

[107] مأمون عبسي حلبي، مرجع سابق، ص 27

[108] راغدة حداد،وقود من السكر و الذرة و نفايات المزارع، مجلة البيئة و التنمية، المجلد 12، عدد 109 أفريل 2007، المنشورات الثقافية، بيروت، 2007، ص 19

خلاصة الفصل:

تمثل الطاقة بمختلف أشكالها و مصادرها عاملا أساسيا في عملية التنمية الاقتصادية، وقد أضحى الاستخدام المتزايد للطاقات الأحفورية التي تشكل العمود الفقري لمزيج الطاقة في عالمنا المعاصر و خاصة النفط، يطرح العديد من المشاكل المتعلقة باحتمالات نضوب هذه المصادر في المستقبل وتزايد الانبعاثات الملوثة بكميات تفوق القدرة الاستيعابية للوسط الطبيعي، مما تسبب في العديد من الآثار السلبية على البيئة بأبعادها المختلفة كالاحتباس الحراري و التغيرات المناخية، إضافة إلى الآثار المحتملة الحدوث مستقبلا و التي تعتبر أسوأ في حالة ما إذا لم تتخذ الإجراءات اللازمة. وهو ما من شأنه أن يزيد من التحديات التي تواجه مستقبل الطاقة في العالم، خاصة في ظل التوقعات التي تشير إلى أن الطاقة الأحفورية ستستمر في توفير معظم احتياجات الطاقة العالمية في المستقبل المنظور، نظرا لتزايد الاحتياطيات من المصادر غير التقليدية، و ارتفاع تقديرات الاحتياطيات غير المكتشفة، و تواضع حصة الطاقات المتجددة في مزيج الطاقة ومحدودية استخداماتها، إضافة إلى عدم قدرة معظم هذه المصادر على منافسة الطاقات الأحفورية في الوقت الحالي.

و يظهر قطاع النقل أحد أهم قطاعات النشاط الاقتصادي و أكثرها استهلاكا للطاقة مدى الارتباط الكبير للاقتصاد العالمي بمصادر الطاقة الأحفورية، حيث يعتمد هذا القطاع بشكل مطلق على المشتقات النفطية و هو ما يجعله في قلب التحديات الطاقوية المشار إليها سابقا.

و في ضوء ما سبق فإن توفير مصادر الطاقة لمواجهة الاحتياجات المتنامية للقطاع، و الحيلولة دون تدهور البيئة و النشاط الاقتصادي، يتطلب العمل على إيجاد نموذج مستدام يضمن استدامة التنمية مع الحفاظ على البيئة و يعتمد بالدرجة الأولى على مصادر الطاقة المتجددة و النظيفة.

الفصل الثاني

أهمية الوقود الحيوي كمصدر طاقة متجدد من الكتلة الحيوية

تمهيد

تشكل طاقة الكتلة الحيوية إحدى أهم مصادر الطاقة المتجددة التي يتزايد استخدامها ضمن إجمالي استهلاك الطاقة في العالم، لما تتميز به من إمكانيات الاستخدام في مختلف مجالات استخدام الطاقة الحديثة و الاحتياطيات الكبيرة لمصادر إنتاجها وتوفرها في مختلف مناطق العالم، مما يجعلها من أهم البدائل التي يمكن الاعتماد عليها لتوفير جزء من المتطلبات الطاقوية لقطاع النقل في سياق التوجه نحو إحلال بدائل ملائمة للوقود النفطي، حيث يمكن اعتبار الوقود الحيوي أحد الأشكال الحديثة للطاقة الحيوية البديل الفعلي و العملي للمشتقات النفطية في قطاع النقل، نظرا لتقارب خصائص أنواع هذا الوقود مع مثيلاتها النفطية و تنوع مصادر إنتاجه ووفرة احتياطياتها، و هو الأمر الذي جعل هذا الوقود يستقطب اهتماما متزايدا في العديد من الدول التي تتسابق في تنمية إنتاج واستخدام مختلف أجياله و العمل على إحلاله تدريجيا محل الوقود النفطي.

من خلال هذا الفصل نحاول إبراز مكانة طاقة الكتلة الحيوية كمصدر متجدد للطاقة، و أهمية دور الوقود الحيوي كبديل للمشتقات النفطية في قطاع النقل و مكانته الاقتصادية في سوق الطاقة بشكل عام.

المبحث الأول: الكتلة الحيوية كمصدر متجدد للطاقة

يشهد العالم في السنوات الأخير توجها عاما نحو تنمية مصادر الطاقة المتجددة باعتبارها مصادر نظيفة و غير ناضبة يمكن تطويرها التخطيط المستدام لمستقبل الطاقة في العالم، وتمثل طاقة الكتلة الحيوية واحدة من أهم هذه المصادر، لما لها من مميزات تجعلها البديل الملائم للمشتقات النفطية في مجالات عديدة، في مقدمتها قطاع النقل الذي يعتمد بشكل مطلق على هذه المشتقات، و الذي يشهد أيضا تناميا لاستخدام أنواع متعددة من الكتلة الحيوية تتمثل في بعض المحاصيل الزراعية كمواد أولية لإنتاج الوقود البديل، نظرا لخصائصها القريبة من النفط وحجم الاحتياطيات المتاحة منها و إمكانيات تطويرها في المستقبل المنظور.

المطلب الأول: ماهية طاقة الكتلة الحيوية

1) **مفهوم الكتلة الحيوية:** تعد الطاقة الحيوية من مصادر الطاقة الناتجة عن الشمس من خلال عملية التركيب الضوئي التي تنتج المادة العضوية، وتعرف التعليمة الأوروبية لترقية الطاقة المتجددة (2009/28/CE) الكتلة الحيوية بأنها " الجزء القابل للإنحلال الحيوي للمنتجات، النفايات و البقايا ذات المصدر الحيوي الناتجة عن النشاط الزراعي والغابات و الصناعات المرتبطة بها و الصيد البحري و تربية المائيات، إضافة إلى الجزء القابل للانحلال الحيوي من النفايات المنزلية والصناعية".[1]

فمفهوم الكتلة الحيوية يشمل مجموع المادة العضوية النباتية والحيوانية؛ إلا أنه عمليا يتم استخدام الكتلة الحيوية النباتية فقط لإنتاج الطاقة كما هو الحال في إنتاج الجيل الأول و الثاني من الوقود الحيوي.

2) **أهمية الكتلة الحيوية كمصدر للطاقة:** تمثل الكتلة الحيوية مصدرا هاما للطاقة سواء في شكلها التقليدي أو الطاقة التجارية، حيث تساهم الكتلة الحيوية بما يقارب 10.6% من إجمالي الطاقة الأولية في العالم، ما يعادل 1.16 مليار طن مكافئ نفط؛ و تختلف أهميتها عبر الدول و المناطق اختلافا كبيرا، فالكتلة الحيوية تمثل مصدرا هاما للطاقة في الدول النامية التي تستحوذ على أكثر من 83% طاقة الكتلة الحيوية المنتجة في العالم، و قد بلغت مساهمتها حوالي 19% من إجمالي الطاقة الأولية المنتجة في هذه الدول، بينما تعتبر أقل أهمية من الناحية الكمية أو نسبة المساهمة في إمدادات الطاقة في الدول المتقدمة أين تقل عن 5% ، كما تختلف أهمية الكتلة الحيوية

[1] François Houllier, Potentiel de la biomasse pour l'énergie et la chimie, IFPEN, colloque panorama 2014, le 06/02/2014, p 6

ومساهمتها في استهلاك الطاقة بين الدول النامية نفسها، حيث تكاد مساهمتها أن تكون معدومة في الدول النفطية، في حين أنها تعتبر مصدرا هاما للطاقة في الدول غير النفطية كدول إفريقيا جنوب الصحراء أين تتجاوز مساهمة الكتلة الحيوية 90% من إمدادات الطاقة، حيث تساهم على سبيل المثال في تنزانيا بـ 92% و في إثيوبيا92.1% و في الكونغو الديمقراطية بـ 93.5%.[2]

رغم أهمية الكتلة الحيوية كمصدر للطاقة في العديد من الدول النامية إلا أن تأثيرها في أسواق الطاقة و الزراعة غير ذي قيمة، و ذلك لكونها غالبا ما تستخدم في شكل تقليدي غير تجاري ذو قيمة متدنية و تأثير سلبي على البيئة كالفضلات الزراعية النباتية و الحيوانية و الفحم النباتي و غيرها، ففي الهند مثلا يستهلك حوالي 200 مليون طن من الفضلات الحيوانية كوقود للطبخ سنويا.[3] و على العكس من ذلك نجد أن طاقة الكتلة الحيوية المستخدمة في الدول المتقدمة في أشكال تجارية و تعتمد على مواد أولية ذات قيمة اقتصادية كبيرة كالقمح و السكر و الزيوت النباتية مما يجعلها أكثر تأثيرا في أسواق المنتجات الزراعية و أكثر أهمية كمصدر للطاقة من الناحية الاقتصادية رغم تواضع مساهمتها في إجمالي الاستهلاك.

يتم تثمين الكتلة الحيوية طاقويا بشكل رئيسي في إنتاج الوقود الحيوي بمختلف أنواعه و الوقود الصناعي السائل، كما ظهرت استخدامات حديثة للكتلة الحيوية أهمها توليد الكهرباء و الحرارة عبر عمليات التوليد المشترك، حيث يعرف هذا النوع من الاستخدامات الطاقوية تطورا مستمرا في البرازيل أين تستخدم مخلفات زراعة قصب السكر لتوليد الكهرباء و الحرارة في وحدات إنتاج الوقود الحيوي، كما تتجه العديد من الدول الأوروبية إلى استخدام مخلفات حصاد الحبوب و الذرة في مشاريع إنتاج الكهرباء و الحرارة من الكتلة الحيوية.[4]

3) أصناف الكتلة الحيوية المستخدمة لإنتاج الطاقة: هناك عدة أصناف من الكتلة الحيوية المستخدمة لإنتاج الطاقة و يمكن تصنيفها إلى الأصناف التالية:

أ- مخلفات النشاط الزراعي و الغابات: تشمل هذه المخلفات بشكل أساسي ما يلي:

- المخلفات الزراعية: تتمثل المخلفات الزراعية في الجزء النباتي غير القابل للاستهلاك البشري و الذي يبقى عادة في أماكن الإنتاج بعد عمليات الحصاد أو الجني كمخلفات حصاد الحبوب و الذرة و البقايا الجافة للزراعات

[2] Josef Schmidhuber, Impact of increased biomass on agricultural markets, prices and food security, a longer time perspective, international symposium of Notre Europe, Paris, 27 – 29 November 2006 , p 7

[3] ريتشارد هاينبرغ، انتهت الحفلة، سراب النفط: النفط و الحرب و مصير المجتمعات الصناعية، مرجع سابق، ص 231

[4] IEA, Energy technology perspectives, scenarios and strategies to 2050, OCDE/AIE, Paris, 2008, p 309

الكبرى الأخرى و يعتمد المتاح من المخلفات الزراعية بشكل أساسي على المساحة المزروعة و التقنيات المستخدمة في عمليات الحصاد كما أن تحديد حجم المتاح من المخلفات الزراعية يجب أن يأخذ بعين الاعتبار الاستخدامات البديلة التي تستحوذ على نسبة كبيرة من هذه المخلفات و التي تتمثل أساسا في:

- التسميد: أي الإبقاء على جزء من مخلفات الحصاد كسماد طبيعي من أجل المحافظة على خصوبة الأراضي الزراعية.

- تغذية الحيوانات: يستخدم جزء كبير من مخلفات حصاد الحبوب بوجه خاص كأعلاف للحيوانات بنسبة تصل إلى 60% من حجم هذه المخلفات.

وتعتبر زراعة الحبوب و قصب السكر أهم مصادر المخلفات الزراعية القابلة للاسترجاع بأكثر من 75% من إجمالي المخلفات، حيث تعطي زراعة قصب السكر 26%، زراعة القمح 18.7%، زراعة الأرز 18.3% وزراعة الذرة 14% من الإجمالي. و يتزايد المتاح من المخلفات الزراعية بحوالي 1.8 مليار طن سنويا، ويقدر المحتوى الطاقوي لهذه لمخلفات بـ 18650 ميغا جول لكل طن من الكتلة الجافة.[5]

- **الخشب و مخلفات الغابات:** يمثل الخشب الشكل التقليدي لاستخدام الكتلة الحيوية لأغراض طاقوية ويعتبر أهم أنواع الوقود الحيوي الصلب، و تتمثل أهم مصادر الخشب المستخدم كوقود في مخلفات نشاط الغابات وصناعات تحويل الخشب، وقد بلغ حجم الإنتاج التجاري العالمي من الخشب الطاقوي 23.6 مليون طن في سنة 2013.[6]

إلى جانب الخشب تمثل مخلفات نشاط الغابات مصدرا هاما لطاقة الكتلة الحيوية، و تتمثل مخلفات الغابات أساسا في الفروع و الأغصان و بقايا تقطيع الخشب، وتختلف الكميات المنتجة منها من منطقة لأخرى، كما أنه من الصعب تحديد حجم المخلفات لتباين حجم الإنتاج و الاستخدامات إلا أنه يمكن اعتماد المقياس المعتمد في هذا المجال و المتمثل في 1 متر مكعب من المخلفات لكل 1 متر مكعب من الخشب المنتج في الغابات، و يقدر المحتوى الطاقوي لمخلفات الغابات بـ 15840 ميغا جول لكل طن، و يتزايد المتاح الطاقوي من مخلفات الغابات بحوالي 1 مليار طن مكافئ نفط سنويا.[7]

[5]Daniel Ballerini, LES BIOCARBURANTS Etat des lieux, Perspectives et enjeux de développement, Edition TECHNIP, Paris 2006, P 184
[6] Renewable Energy policy Network (REN21), Renewable 2014 Global Status Report, Paris, 2014, p36
[7] Daniel Ballerini, Idem

ب- محاصيل الزراعات الطاقوية: تشمل هذه المحاصيل عدة أنواع من المحاصيل الزراعية يمكن تقسيمها إلى مجموعتين رئيسيتين هما المحاصيل الزراعية الغذائية كالقمح، قصب السكر و البذور الزيتية التي تستخدم لإنتاج الوقود السائل على نطاق تجاري، و المحاصيل الزراعية غير الغذائية وهي أحد أنواع المحاصيل الصناعية التي تنتج لأغراض طاقوية

ج- النفايات الصناعية و المنزلية: هناك طيف واسع من النفايات العضوية الصناعية التي يمكن تثمينها كمصادر لإنتاج الطاقة من جهة و خفض الضغط على الأراضي الزراعية من جهة أخرى، و تشمل النفايات الصناعية العضوية، البقايا و المنتجات الثانوية للصناعات الغذائية و الناتجة عن تحويل المواد الأولية الزراعية كمخلفات مطاحن الحبوب و مخلفات تحويل و تكييف الفواكه و صناعة السكر و مخلفات صناعة الورق والتغليف. مع الإشارة إلى أن استخدام هذه النفايات لإنتاج الطاقة يعتمد على المحتوى الكيميائي و حجم المتاح منها خاصة في ظل وجود استخدامات بديلة كصناعة الأعلاف إضافة إلى مدى إمكانية تجميع هذه النفايات وتكاليفه، و تشير إحصائيات وكالة الطاقة الدولية إلى أن النفايات و المخلفات العضوية يمكن أن تغطي حوالي 1054 مليون طن مكافئ نفط سنويا من استهلاك الطاقة الحيوية في العالم و حوالي 70 مليون طن مكافئ نفط من استهلاك وقود النقل في آفاق 2050 [8]

المطلب الثاني: إمكانات الكتلة الحيوية و طاقتها الإنتاجية

يعتمد إنتاج طاقة الكتلة الحيوية على الكميات المتاحة من الكتلة الحيوية القابلة للتحويل من مختلف مصادر إنتاجها، و نميز ثلاثة مستويات لاحتياطيات الكتلة الحيوية كما يلي:

1) الاحتياطيات النظرية: تتمثل الاحتياطيات النظرية في كمية الكتلة الحيوية التي يمكن إنتاجها بغض النظر عن طبيعة استخدام الأراضي، وتتحدد الإمكانيات المتاحة من الكتلة الحيوية بشكل عام على أساس قدرة النباتات على تحويل الطاقة الشمسية من خلال عملية التركيب الضوئي، حيث تجمع النباتات حوالي 3150 إكساجول

[8] IEA, Energy technology perspectives, scenarios and strategies to 2050, OCDE/AIE, Paris, 2008, p 309

سنويا[9] أي ما يقارب 75 مليار طن مكافئ نفط، و هو ما يمثل أكثر من 6 أضعاف الاستهلاك العالمي من الطاقة الأولية الذي بلغ 12476.6 مليار طن مكافئ نفط في سنة 2012.

لكن رغم ضخامة هذه الإمكانات إلا أنها تتضمن جزءا كبيرا من الاحتياطيات غير القابلة للاستغلال نظرا لكونها غير قابلة للتعبئة أو لارتفاع تكاليف استخدامها، فأكثر من ثلث احتياطيات الكتلة الحيوية أي حوالي 1150 إكساجول أو أكثر من 27 مليار طن مكافئ نفط تتمثل في البلانكتون و نباتات بحرية أخرى[10] تعتبر قاعدة سلسلة الغذاء البحرية و من الصعب أو المستحيل استخدامها كمصدر لإنتاج الطاقة، و الأمر ينسحب على طيف واسع النباتات البرية التي لا يمكن استخدامها كمصدر لإنتاج الطاقة لكونها مخصصة لاستخدامات غير طاقوية كالاستخدامات الغذائية أو استخدامات صناعية أخرى. إضافة إلى ذلك تعتبر النباتات من الناحية الفيزيائية ذات كفاءة طاقوية منخفضة جدا و بالتالي طريقة سيئة لاستغلال الطاقة الشمسية بالمقارنة مع تقنيات الطاقة الشمسية الكهروضوئية، حيث تبلغ الكثافة الطاقوية للنباتات في المتوسط 0.5 واط في المتر المربع تمثل نسبة ضعيفة من الطاقة الشمسية المتاحة التي تتراوح بين 20 إلى 60 واط في المتر المربع.[11]

2) **الاحتياطيات التقنية:** تمثل الإمكانات التقنية للكتلة الحيوية ذلك الجزء من الإمكانات النظرية الذي يمكن تجميعه و استخدامه لإنتاج الطاقة، و قد تم تقدير حجم الكتلة الحيوية التي يمكن أن تساهم تقنيا في إمدادات الطاقة عبر عدة دراسات تختلف تقديراتها باختلاف فرضيات و منهجيات التقدير، لكن هذه الدراسات في مجملها تجمع على أن الإمكانات التقنية تمثل نسبة متواضعة من الإمكانات النظرية، فاستنادا إلى تقديرات الوكالة الدولية للطاقة تتراوح الكميات الممكنة بين 6 و 12 مليار طن مكافئ نفط في حدود سنة 2050، كما تقدرها دراسات أخرى في حدود 10 مليار طن مكافئ نفط[12] و هو ما يقارب حجم الاستهلاك العالمي الحالي من الطاقة الأولية.

و تشير وكالة الطاقة الدولية إلى أن إنتاج 9.5 مليار طن مكافئ نفط من الكتلة الحيوية يتطلب تخصيص 20% من الأراضي الزراعية في العالم؛ و إذا أخذنا الولايات المتحدة الأمريكية كمثال، انطلاقا من أن المحتوى الطاقوي في النباتات يقدر بـ 4300 حريرة لكل غرام، مع إنتاجية متوسطة قدرها 3300 غرام في المتر المربع و المساحة

[9] منظمة الأغذية و الزراعة (FAO)، حالة الأغذية و الزراعة 2008، الوقود الحيوي: الآفاق و المخاطر و الفرص، روما، 2008، ص 19
[10] Josef Schmidhuber, Op Cit , p 4
[11] Ibid., p 5
[12] Idem

الزراعية تبلغ 140 مليون هكتار، فإن احتياطي الكتلة الحيوية المتاح يساوي 79×10 [15] وحدة حرارية بريطانية[13] ما يعادل 2 مليار طن مكافئ نفط أي أقل من إجمالي الطاقة الأولية المستهلكة في الولايات المتحدة الأمريكية سنة 2012 الذي فاق 2.2 مليار طن مكافئ نفط بحوالي 10%.

3) **الاحتياطيات الاقتصادية:** إضافة إلى أهمية الإمكانيات التقنية للطاقة الحيوية، يتطلب استغلال هذه الموارد مراعاة الجوانب الاقتصادية التي تمثل الركن الأساسي في قابلية و إمكانية استغلالها؛ و عليه يجب تحديد مدى اقتصادية المتاح من الكتلة الحيوية تقنيا.

تعتمد الإمكانيات الاقتصادية للطاقة الحيوية على عاملين أساسيين في المدى الطويل هما أسعار النفط و تكاليف إنتاج الطاقة الحيوية؛ أي أنها تعتمد على حجم المخزون التقني الذي يمكنه منافسة الوقود الأحفوري بعد عمليات التجميع، النقل و التحويل، مما يجعل الحجم القابل للاستغلال اقتصاديا من المخزون التقني للكتلة الحيوية ينخفض بشكل معتبر، إذ تقدر وكالة الطاقة الدولية حجم مخزون الكتلة الحيوية المتاح اقتصاديا بحوالي 150 إكساجول أو ما يعادل حوالي 3.6 مليار طن مكافئ نفط. و بمقارنة المتاح اقتصاديا بحجم الطلب المتوقع و المقدر بـ 850 إكساجول بحلول سنة 2050 نجد أن مساهمة الكتلة الحيوية لا تتعدى 17.6% أي بزيادة حوالي 7% عن مستوى مساهمتها الحالية في إجمالي الطلب العالمي على الطاقة الأولية. و يمكن لحجم المتاح اقتصاديا في ظل التكنولوجيا و كفاءة التحويل الحالية أن ينتج حوالي 53 إكساجول من الوقود الحيوي ما يعادل 1.26 مليار طن مكافئ نفط. [14]

وتقدر تكلفة إنتاج 100 إكساجول من المخلفات الزراعية و النفايات ما بين 30 و 45 دولار للطن بينما تقدر تكلفة إنتاج الزراعات الطاقوية ما بين 45 إلى 75 دولار للطن في آفاق 2050، و حسب وكالة الطاقة الدولية فإن هذه الأسعار تمكن من إنتاج الوقود الحيوي من الجيل الثاني بتكلفة تتراوح بين 0.67 و 0.94 دولار للتر عند مستوى سعر نفط بـ 60 دولار للبرميل، و ما بين 0.46 و 0.71 دولار عند مستوى 120 دولار لبرميل النفط. [15]

[13] هاني عبيد، الإنسان و البيئة: منظومات الطاقة والبيئة و السكان، دار الشروق للنشر و التوزيع، عمان، 2000، ص 221

[14] IEA, Biofuels for transport: an international perspective, OECD Publications, Paris, 2004, p 141

[15] IEA, Sustainable Production of SECOND -Generation Biofuels : Potential and perspectives in major economies and developing countries, OCDE/AIE, Paris, 2010, p 47

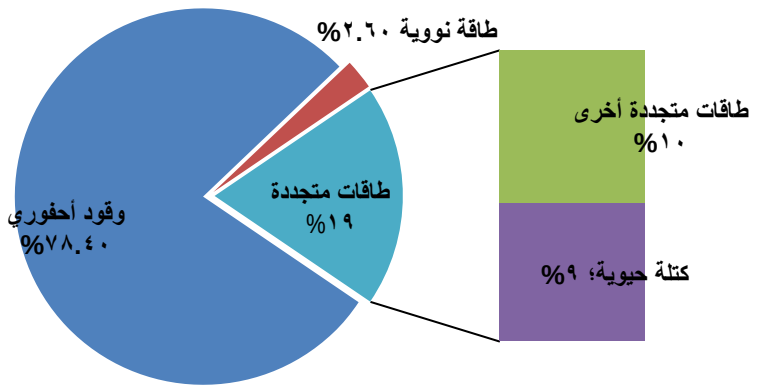
المطلب الثالث: واقع وآفاق استخدام طاقة الكتلة الحيوية

تلعب طاقة الكتلة الحيوية دورا معتبرا لحاضر ومستقبل الطاقة في العالم و خاصة في الدول النامية التي يعتمد الكثير من سكانها على مصادر الكتلة الحيوية التقليدية كالخشب، والمخلفات الزراعية كوقود للطهي والتدفئة. كما يتزايد الاهتمام بها في الدول المتقدمة لتزايد دورها في الاستخدامات الحديثة.

1) **مساهمة الكتلة الحيوية في إنتاج الطاقة الأولية و الاستهلاك النهائي:** تساهم الكتلة الحيوية بأكثر من 10% من إنتاج الطاقة الأولية في العالم، وبلغ إجمالي الإنتاج سنة 2013 حوالي 56.6 إكسا جول أي ما يعادل 1.35 مليار طن مكافئ نفط، تمثل الكتلة الحيوية التقليدية حوالي 60% من حجم الإنتاج الإجمالي يستهلك معظمها في الدول النامية حيث تعتمد حوالي 500 مليون أسرة في هذه الدول على الكتلة الحيوية الصلبة لتغطية احتياجاتها الحرارية (التدفئة والطبخ) فيما تعتمد 25 مليون أسرة على الغاز الحيوي. أما 40% فتمثل الكتلة الحيوية التجارية و التي يستهلك معظمها في الدول الصناعية.

كما تمثل الكتلة الحيوية أهم مصادر الطاقة المتجددة في الاستهلاك النهائي، حيث بلغت مساهمتها حوالي 10% من إجمالي الاستهلاك النهائي للطاقة عالميا و 50% من مساهمة الطاقات المتجددة، معظمها من الكتلة الحيوية التقليدية، مع الإشارة إلى تراجع نسبة مساهمة الكتلة الحيوية التقليدية من 13% سنة 2006 إلى 9% في سنة 2013 مقابل زيادة مساهمة الكتلة الحيوية التجارية التي ارتفعت من أكثر من 0.3% في سنة 2006 إلى أكثر من 0.8% خلال سنة 2013.[16]

شكل رقم (2-1): مساهمة طاقة الكتلة الحيوية في إجمالي استهلاك الطاقة النهائي 2012



المصدر: REN 21GSR 2014 p 21 بتصرف

[16] Renewable Energy policy Network (REN21), Renewable 2014 Global Status Report, op cit. p 21

2) **استخدامات طاقة الكتلة الحيوية التجارية:** يتزايد استخدام طاقة الكتلة الحيوية التجارية (الحديثة) في الاستهلاك النهائي، وتعرف مساهمتها نموا سريعا بمعدل نمو سنوي متوسط يفوق 15% خلال الفترة الممتدة من سنة 2006 إلى 2013، وقد بلغ حجم طاقة الكتلة التجارية المنتجة خلال سنة 2013 ما يقارب 23 إكساجول تتوزع على مختلف الاستخدامات الطاقوية على النحو التالي:

أ- الاستخدامات الحرارية: تعتبر الكتلة الحيوية أهم مصدر لإنتاج الحرارة من مصادر الطاقة المتجددة، إذ تغطي حوالي 10% من الاستهلاك النهائي للطاقة في الاستخدامات الحرارية عالميا، و تعتبر المصدر الأول في العديد من الدول الأوروبية خاصة الدول الاسكندينافية بنسب تتراوح بين 5 إلى 60% حسب وفرة المصادر الطبيعية في هذه الدول كما هو مبين في الجدول أدناه؛ وتساهم الكتلة الحيوية بحوالي 90% من إجمالي إنتاج الحرارة من الطاقات المتجددة يأتي معظمها من الوقود الصلب و في مقدمته الأخشاب، و يستحوذ إنتاج الطاقة الحرارية على أكثر من 50% من الاستخدامات الحديثة لطاقة الكتلة الحيوية بحجم إنتاج بلغ 13 إكسا جول للاستخدامات الحرارية في القطاعين المنزلي و الصناعي في 2013.[17]

وقد ارتفعت القدرة الإنتاجية المركبة للطاقة الحرارية من الكتلة الحيوية من 235 جيغا واط في نهاية 2006 إلى 296 جيغا واط حراري في نهاية سنة 2013 بمعدل نمو سنوي يتراوح بين 1% و 2%، و تعتبر دول الاتحاد الأوروبي أكبر سوق لإنتاج واستهلاك الطاقة الحرارية من الكتلة الحيوية و في مقدمتها ألمانيا بإنتاج 116.6 تيراواط/ساعة في 2013.[18]

جدول رقم (2-1): مساهمة طاقة الكتلة الحيوية في الاستهلاك النهائي من الطاقة الحرارية

الدول	آيسلندا	السويد	البرازيل	الدانمارك	النمسا	النرويج	تايلندا	الهند	إندونيسيا	جنوب إفريقيا
النسبة	%60	%60	%43	%20	%20	%20	%20	%11	%7	%6

المصدر: REN 21 GSR 2014

[17] Renewable Energy policy Network (REN21), Renewable 2014 Global Status Report, op cit. p32
[18] Ibid., p 33

ب- توليد الكهرباء: كما هو الشأن في إنتاج الطاقة الحرارية يتزايد استخدام الكتلة الحيوية في إنتاج الكهرباء خاصة في الدول النامية التي تستخدم حوالي 50% من الكتلة الحيوية المنتجة عالميا في توليد الكهرباء، كما يتزايد استخدامها بشكل كبير في الدول الأوروبية التي تستخدم ما يقارب 25% من الإنتاج العالمي للكتلة الحيوية في إنتاج الكهرباء خاصة في ألمانيا، النمسا، المجر، المملكة المتحدة، الدانمارك، فنلندا و السويد؛ وقد ارتفعت مساهمة الكتلة الحيوية في إنتاج الكهرباء ضمن إجمالي مساهمة الطاقات المتجددة بشكل سريع باحتلالها المرتبة الثانية بعد طاقة الرياح إذا استبعدنا الطاقة الكهرومائية، حيث تشير بيانات وكالة الطاقة الدولية إلى أن مساهمة الكتلة الحيوية في توليد الكهرباء بلغت 7.1 % في سنة 2004 من إجمالي الطاقات المتجددة، في توليد الكهرباء ووصلت إلى 22% مع نهاية سنة 2006 لتصل إلى 31.6% بنهاية سنة 2013 بحجم إنتاج بلغ 405 تيراواط/ساعة من تحويل 5 إكساجول من الكتلة الحيوية المنتجة خلال نفس السنة. وتعتبر فنلندا والسويد و ايطاليا والولايات المتحدة الأمريكية من أهم الدول التي تستعمل الكتلة الحيوية في توليد الكهرباء[19].

جدول رقم (2-2): تطور إنتاج الكهرباء و القدرة الإنتاجية من الكتلة الحيوية عالميا 2004-2013

	2004	2006	2012	2013
الإنتاج (تيراواط/ساعة)	227		350	405
القدرة الإنتاجية (جيغاواط)	36	45	83	88

المصدر: من إعداد الباحث

ج- وقود النقل: يمثل إنتاج وقود النقل أحد أهم الاستخدامات الطاقوية للكتلة الحيوية، و يحتل المرتبة الثانية من حيث الحجم المستخدم من الكتلة الحيوية بعد الاستخدامات الحرارية، فخلال سنة 2013 تم تحويل ما مقداره 5 إكسا جول من الطاقة الأولية للكتلة الحيوية لإنتاج حوالي 116 مليار لتر من الوقود السائل لقطاع النقل، ويتركز إنتاج و استهلاك الوقود الحيوي بشكل أساسي في الولايات المتحدة الأمريكية، البرازيل و الاتحاد الأوروبي إضافة إلى الأرجنتين و الصين وبعض دول جنوب شرق آسيا.[20]

و يعد الوقود الحيوي من أهم البدائل المطروحة للوقود النفطي رغم تواضع مساهمته في الوقت الحالي إذا لا تتجاوز هذه المساهمة 2.3% من إجمالي الوقود المستهلك عالميا في قطاع النقل في 2013.

[19] IEA, Sustainable Production of SECOND -Generation Biofuels, op cit. p 42
[20] Renewable Energy policy Network (REN21), Renewable 2014 Global Status Report, op cit. p18

3) آفاق استخدام طاقة الكتلة الحيوية: يعرف استخدام الطاقات المتجددة عموما توسعا متزايدا عبر العالم نظرا لمزاياها البيئية علاوة على أن بعض مصادرها يثبت جدواه الاقتصادية في مختلف مجالات الاستخدام، و في هذا السياق تمثل طاقة الكتلة الحيوية أحد أهم المصادر التي تلقى اهتماما عالميا يظهر من خلال البرامج المخطط لتنفيذها و الاستثمارات المرصودة لذلك.

فقد حددت ما لا يقل عن 64 دولة أهداف ترمي إلى الرفع من إنتاج الطاقات المتجددة بنسب تصل إلى 30 % خاصة في مجال توليد الكهرباء، كما تخطط دول الاتحاد الأوروبي إلى تغطية 10% من حجم الوقود المستهلك في قطاع النقل عن طريق الوقود الحيوي فيما ترفع فنلندا هذه النسبة إلى 20% في آفاق سنة 2020.[21]

ورغم أنه في غالب الأحيان لا يتم تحديد حصة الكتلة الحيوية من إجمالي المساهمة المتوقعة للطاقات المتجددة، إلا أن عددا من الدول حددت بوضوح أهدافا لرفع مساهمة الكتلة الحيوية في قطاعي توليد الكهرباء و النقل.

جدول رقم (2-3): حصة طاقة الكتلة الحيوية المستهدفة لإنتاج الكهرباء في سنة 2020

الوحدة: جيغا واط

الدول	البرازيل	الصين	فنلندا	إيطاليا	اليابان	النمسا
الطاقة الإنتاجية	19.3	30	13.2	3.8	3.3	0.2

المصدر: REN 21 GSR 2014 p 122 - 124

[21] Renewable Energy policy Network (REN21), Renewable Global futures Report 2013, pp 17- 18

المبحث الثاني: الوقود الحيوي السائل كوقود للنقل

يعتبر الوقود الحيوي السائل أهم أشكال الاستخدام الحديث لطاقة الكتلة الحيوية، إذ يعتمد إنتاجه على تحويل عدة أصناف من المحاصيل الزراعية الغذائية وغير الغذائية و مخلفات النشاط الزراعي و أصناف أخرى من الكتلة الحيوية؛ و رغم أن الوقود الحيوي ليس وافدا جديدا إلى سوق الطاقة إلا أن استخدامه يعرف اهتماما متزايدا في السنوات الأخيرة كبديل أو مكمل للوقود النفطي في قطاع النقل في سياق التحول نحو مصادر الطاقة النظيفة والمتجددة.

المطلب الأول: ماهية الوقود الحيوي

الوقود الحيوي عبارة عن مواد قابلة للاحتراق يعتمد إنتاجه في الأساس على التحويل المباشر أو غير المباشر للكتلة الحيوية النباتية أو الحيوانية، وتتمثل أهم مصادر هذا النوع من الطاقة في الوقود الخشبي و الفحم النباتي و المنتجات النباتية الغنية بالنشويات، السكريات و الزيوت، إضافة إلى النفايات العضوية الناتجة عن الصناعات الغذائية.

1) أنواع الوقود الحيوي: تتعدد أنواع الوقود الحيوي و من أهم هذه الأنواع و أكثرها انتشارا و استخداما نجد:

أ- الوقود الحيوي السائل: يستحوذ هذا النوع على الاهتمام الأكبر من بين أنواع الوقود الحيوي و ينقسم إلى مجموعتين رئيسيتين هما:

- **الوقود الكحولي:** يتم إنتاجه بعدة طرق من النباتات الغنية بالسكر و النشويات خاصة قصب السكر، البنجر السكري، الذرة و القمح و من أهم أنواعه:[22]

- **الإيثانول الحيوي:** هو النوع الأكثر شهرة و استخداما من بين أنواع الوقود الحيوي، يمكن إنتاجه عن طريق تخمر السكريات ومن الممكن استخدامه كوقود بديل للبنزين بصورة جزئية أو كلية.
- **البيوبيتانول:** يتم إنتاج عن طريق نوع من البكتيريا تقوم بتحويل السكر إلى بيتانول، و يتزايد الاهتمام به كوقود بديل عن الوقود النفطي نظرا لمزاياه مقارنة مع الإيثانول.

[22] http://patrick.monassier.free.fr/energies/biocarburants/biocarburants.pdf p 5 consulté le: 21/12/2011

- **الميثانول:** يتم الحصول عليه من الميثان و يمكن إستخدامه كبديل للبنزين بصورة جزئية أو كمضاف غير أنه يعتبر سام جدا بالنسبة للإنسان.

- **الوقود الزيتي:** يتم إنتاجه من مجموعة من النباتات الزيتية كالنخيل الزيتي، دوار الشمس و الصوجا و غيرها عن طريق ضغط الحبوب الزيتية أو باستخدام مذيبات عضوية و يمكن استخدام هذا النوع على أحد الشكلين التاليين.[23]

- **الديزل الحيوي:** يتم إنتاجه عن طريق معالجة كيميائية للزيوت النباتية بإستخدام الإيثانول أو الميثانول، يمكن استخدامه كوقود لمحركات الديزل بسهولة و يتميز بكونه خال من الكبريت و غير سام و قابل للإنحلال الحيوي بسرعة مما يجعله ملائما بيئيا.
- **الزيت النباتي الخام:** يمكن استخدامه بصورة مباشرة أو كمزيج مع الوقود التقليدي في محركات الديزل غير أنه يطرح بعض المشاكل التقنية بسبب ارتفاع لزوجته، الأمر الذي يحتم إجراء بعض التعديلات على المحركات التي تستخدمه.

ب- الوقود الحيوي الغازي: يتمثل في الميثان الحيوي الذي ينتج من التخمر اللاهوائي للمخلفات العضوية النباتية و الحيوانية مثل فضلات الصناعات الغذائية و المخلفات الزراعية، يمكن استخدام هذا الغاز كبديل للغاز الطبيعي و كوقود لمختلف أنواع المحركات، و يتميز بكفاءته الطاقوية العالية مقارنة بأنواع الوقود الحيوي الأخرى و بساطة تقنيات إنتاجه لكنه يعاني من مشكل عدم إمكانية التخزين مما يحتم إستغلاله مباشرة عند إنتاجه، غير أن التطورات التقنية الجارية في الولايات المتحدة الأمريكية و أوروبا لمعالجة الغاز الحيوي وفقا لمعايير الغاز الطبيعي مكنت من نقله عبر شبكات توزيع الغاز الطبيعي لكن استغلاله يبقى ضعيفا مقارنة بالوقود الحيوي السائل.[24]

ج- الوقود الحيوي الصلب: يمثل الشكل التقليدي للوقود الذي يمكن استخدامه على الشكل الخام كالحرق المباشر للخشب، كما يمكن تحويله إلى فحم نباتي عن طريق التحويل الحراري للكتلة الحيوية النباتية.

2) أجيال الوقود الحيوي: تصنف أنواع الوقود الحيوي المستخدم كوقود للنقل حسب إمكانية توفرها في الوقت الحالي أو في المستقبل، ووفقا لذلك نجد أن هذه الأنواع تقسم إلى ثلاثة أجيال. و تعبر أجيال الوقود الحيوي عن

[23] http://patrick.monassier.free.fr/energies/biocarburants/biocarburants.pdf p 4 consulté le: 21/12/2011
[24] Ibid, p 6

تطورات أساسية في إنتاج أنواع الوقود الحيوي من حيث مصادر المواد الأولية لإنتاج الوقود و طبيعة التكنولوجيا المستخدمة وكذلك التأثيرات البيئية المحتملة لتلك الأنواع

أ- وقود الجيل الأول: يشير الجيل الأول إلى أنواع الوقود الحيوي التي يتم إنتاجها و استخدامها على نطاق تجاري في الوقت الحالي، ويعتمد في إنتاجها على المحاصيل الزراعية الغذائية السكرية، النشوية و الزيتية عن طريق تقنيات بسيطة نسبيا كالتخمير و الأسترة و تمثل أنواع الوقود المستخدمة حاليا الجيل الأول و تطرح إشكالية منافسة الوقود للغذاء بسبب تحويل المواد الغذائية لإنتاج الوقود.[25]

من أهم أنواع الوقود الحيوي التي تندرج ضمن الجيل الأول نجد الإيثانول الحيوي، الديزل الحيوي و الغاز الحيوي (الميثان الحيوي).

ب- وقود الجيل الثاني: يقصد بالجيل الثاني الأنواع المنتجة من المواد الأولية الزراعية غير الغذائية، حيث يعتمد على تحويل السيليلوز الذي تحتوي عليه النباتات (خشب، أوراق و بقايا نباتية .....إلخ) إلى كحول أو غاز باستخدام الإنزيمات وتقنيات التغويز أو التحويل الحراري الكيميائي و يطلق عليه تسمية الوقود السيليلوزي، وكذلك باستخدام نباتات زيتية غير غذائية مثل الجاتروفا، الجوجوبا، قصب البردي و الكناف و غيرها، و يعتمد الجيل الثاني على الزراعات الطاقوية التي تمثل زراعات صناعية موجهة خصيصا لأغراض طاقوية. و لا يزال الجيل الثاني في مرحلة التطوير مع بعض التطبيقات خاصة في مجال وقود الطائرات. و يشمل الجيل الثاني عدة أنواع منها الهيدروجين الحيوي، الميثانول الحيوي وديزل الخشب.[26]

ج- وقود الجيل الثالث: يعتمد إنتاج الوقود الحيوي من الجيل الثالث على استخدام الطحالب و العوالق البحرية الدقيقة microalgues و يعتبر الجيل الثالث أعلى مردودية من الأجيال السابقة من الناحية النظرية من 30 إلى 100 مرة إضافة إلى كونه لا يطرح مشكل منافسة المواد الغذائية وموارد إنتاجها، غير أنه من الناحية التطبيقية لايزال غير مجد اقتصاديا و تقنيا إذ تحتاج زراعة العوالق إلى كميات كبيرة من المخصبات و العناصر الكيميائية كما أن استخدام الكائنات المعدلة وراثيا يمثل خطرا محتملا على البيئة. ويضم هذا الجيل أنواع متعددة من أهمها البيوبروبانول و البيوبيتانول الذي يعتبر الوقود الأقرب إلى البنزين من حيث خصائصه مقارنة بالإيثانول.[27]

---

[25] المنظمة العربية للتنمية الزراعية، دراسة تحليلية تقييمية لآثار إستخدام المحاصيل الزراعية في إنتاج الوقود الحيوي، الخرطوم، 2009، ص 12

[26] نفسه، ص ص 12-13

[27] http://patrick.monassier.free.fr/energies/biocarburants/biocarburants.pdf p 9 consulté le: 21/12/2011

المطلب الثاني: تطور استخدام الوقود الحيوي

عرف استخدام الوقود الحيوي في قطاع النقل منذ بداية القرن الماضي، و تطور هذا الاستخدام عبر عدة مراحل تتمثل في ما يلي:

1) المرحلة الأولى: يعتبر استخدام الوقود الحيوي كوقود للنقل قديم نسبيا حيث جرى الحديث عن الإحلال الجزئي أو الكلي لأنواع من الوقود الكحولي محل البنزين منذ نهاية القرن التاسع عشر، فقد استخدم المخترع الألماني رودولف ديزل مخترع محرك الديزل زيت الفول السوداني كوقود، و قد كتب هذا الأخير سنة 1912 "قد يكون استخدام الزيوت النباتية في محركات الديزل غير مجد في الوقت الحالي غير أنها ستكون أكثر أهمية مستقبلا من الأنواع المعروفة حاليا المنتجة من البترول أو المستخرجة من الفحم"[28] كما استخدم المخترع الألماني Nicolous Augustotto مخترع محرك الاحتراق الداخلي الإيثانول و كذلك استخدمه فورد في تصميم سيارته خلال الفترة 1903 – 1923.

شهدت هذه الفترة بذل جهود تسويقية معتبرة لترويج أنواع الوقود الحيوي من خلال المعارض و سباقات السيارات، و توسع استخدام الوقود الحيوي ما بين سنوات 1920 و 1950 مدفوعا بالرغبة في التخفيف من التبعية الطاقوية و العمل على الخفض من العجز في الميزان التجاري لدى العديد من المنتجين، و قد ساهم في ذلك وفرة الفائض من الإنتاج الزراعي من المواد السكرية بسبب انخفاض قدرة الاستخلاص، حيث كان البحث منصبا على إيجاد أفضل الطرق لتثمين الفائض و المخلفات الناجمة عن صناعة السكر.[29]

2) المرحلة الثانية: مع بداية السبعينيات من القرن الماضي عاد الاهتمام بالوقود الحيوي خاصة بعد الصدمة البترولية الأولى سنة 1973 مدفوعا بعوامل إستراتيجية أهمها أمن الإمدادات الطاقوية و عوامل إقتصادية كخفض فاتورة إستيراد البترول و تطوير صناعة وطنية في ظل ارتفاع البطالة. و قد شهدت هذه الفترة إطلاق أهم برامج إنتاج الوقود الحيوي في العالم خاصة في البرازيل و الولايات المتحدة الأمريكية. فقد شرعت البرازيل في تنفيذ برنامج كبير لإنتاج الإيثانول من قصب السكر عرف بمخطط proalcool بعد صدور القانون المتعلق بهذا المخطط في 14 نوفمبر 1975 و المدعم سنة 1979 حيث شهدت هذه الفترة تسويق نوعين من الوقود المدعم بتحفيزات جبائية:

- مزيج ما بين 20% و 25% إيثانول مع البنزين

[28] voir, Daniel Ballerini, LES BIOCARBURANTS Etat des lieux, Perspectives et enjeux de développement, Edition TECHNIP, Paris 2006, P 04
[29] Ibid, p 3

- إيثانول بنسبة 92% بدون مواد بترولية (8% عبارة عن ماء)

أما في الولايات المتحدة الأمريكية فقد أدت أبحاث المخبر الوطني للطاقات المتجددة (NREL) التابع لوزارة الطاقة الأمريكية و التي انطلقت منذ بداية السبعينيات إلى دفع الحكومة لتبني خيار تطوير أنواع وقود بديلة للمشتقات النفطية، و قد عملت على دعم استخدام نوع من الوقود عرف بـ (gasohol) و هو عبارة عن مزيج بنسبة 10% من الإيثانول المنتج من الذرة مع البنزين. كما عرفت الدول الأوروبية خلال نفس الفترة برامج مشابهة من أبرزها البرنامج الفرنسي (plancarburol) الذي أطلق في نهاية السبعينيات في إطار البرنامج الوطني للبحث والتطوير حول الوقود الحيوي، و شهدت نفس الفترة صدور التعليمة الأوروبية 85/356/CEE في 5 ديسمبر 1985 التي تحدد شروط إضافة أنواع الوقود الحيوي إلى البنزين.[30]

و بحلول سنة 1986 أدى حدوث الصدمة البترولية المضادة (انخفاض أسعار النفط) و تحت ضغط الشركات النفطية المتعددة الجنسيات إلى تراجع التوسع في إنتاج الوقود الحيوي بشكل كبير.

3) المرحلة الثالثة: مع بداية الألفية الثالثة و بتضافر مجموعة من العوامل عاد الاهتمام العالمي إلى الوقود الحيوي باعتباره أحد أهم الحلول المطروحة لمواجهة مجموعة التحديات المتعلقة بالطاقة و البيئة و التي من أهمها:

- إرتفاع أسعار النفط في ظل الحديث عن ذروة الإنتاج النفطي و بداية تراجع إنتاج النفط و تراجع الاحتياطيات في بعض مناطق العالم، إضافة إلى القلق المتزايد بشأن أمن الإمدادات النفطية.

- تزايد الضغوط البيئية من تغير المناخ و الاحتباس الحراري فكانت استجابة دول العالم من خلال بروتوكول كيوتو (1997) و أهداف الألفية المنبثقة عن قمة الأرض بجوهانسبرغ (2000) حيث كان الاتفاق يقضي بخفض حجم الانبعاثات الملوثة و التوسع في استخدام الطاقات المتجددة و التي من أهمها أنواع الوقود الحيوي.

و قد تبنت دول الاتحاد الأوروبي هدف الوصول إلى استخدام 5.75 % على الأقل من الوقود الحيوي في إجمالي الوقود المستخدم كما تبنت الولايات المتحدة الأمريكية برنامجا كبيرا للتوسع في استخدام الوقود الحيوي.

هذا السياق الداعم للتوسع في استخدام الوقود الحيوي تغير مع منتصف العشرية نظرا لتراجع حجم الفائض من الإنتاج الزراعي و ارتفاع أسعار المواد الغذائية الذي بلغ أقصاه مع بداية سنة 2008 مما تسبب في حدوث اضطرابات اجتماعية في عدة مناطق من العالم و أنذر بحدوث أزمة غذائية عالمية بالإضافة إلى القلق في بعض الأوساط البيئية بشأن الآثار الإيكولوجية المحتملة للزراعات الصناعية و التي من بينها الزراعات الطاقوية.

[30]Jean-Pierre Legalland et Jean-Louis Lemarchand, BIOCARBURANTS : 5 questions qui dérangent, Editions TECHNIP, Paris, 2008, pp 17 - 19

المطلب الثالث: المصادر الرئيسية لإنتاج الوقود الحيوي

تتعدد مصادر إنتاج الوقود الحيوي و في الوقت الحالي يتم الاعتماد على مجموعة من المحاصيل الزراعية الغذائية بالنسبة للجيل الأول و محاصيل غير غذائية بالنسبة للجيلين الثاني و الثالث.

أولا: المحاصيل الزراعية الغذائية: تتوزع على ثلاث مجموعات الرئيسية تتمثل في محاصيل الحبوب، المحاصيل السكرية و المحاصيل الزيتية:

1- محاصيل الحبوب:

تعد الحبوب من المحاصيل الغذائية الأساسية للعديد من دول العالم و بالرغم من ذلك تمثل كل من الذرة الصفراء و القمح أهم المحاصيل الزراعية المستخدمة لإنتاج الوقود الحيوي من الجيل الأول.

أ) **الذرة الصفراء:** تعتبر الذرة الصفراء محصول الحبوب الرئيسي الذي يعتمد عليه في إنتاج الإيثانول عالميا وخاصة في كل من الولايات المتحدة الأمريكية و الصين ، و قد ارتفعت نسبة المستخدم من محصول الذرة الصفراء لإنتاج الإيثانول في الولايات المتحدة الأمريكية من حوالي 3.7 % سنة 1997 إلى 41.9 % سنة 2012. كما تعتمد الصين أيضا على محصول الذرة في إنتاج الإيثانول، حيث تعتبر ثالث منتج للإيثانول على مستوى العالم و ثاني منتج للذرة بعد الولايات المتحدة الأمريكية، و قد بلغت نسبة المستخدم من الذرة لإنتاج الإيثانول في الصين حوالي 9.89% سنة 2007 ، أما على المستوى العالمي فقد ارتفع الحجم المستخدم من الذرة في إنتاج الإيثانول من 162 مليون طن في سنة 2007 إلى 206 مليون طن في 2013 أي ما يقارب ثلث الإنتاج العالمي الذي بلغ 626 مليون طن خلال نفس السنة.[31]

ب) **القمح:** يعتبر محصول القمح هو المحصول الرئيسي لإنتاج الإيثانول في دول الاتحاد الأوروبي حيث يتم إنتاج حوالي 39 % من الإيثانول اعتمادا على محصول القمح، حيث نجد أهم المنتجين الأوروبيين اعتمادا على القمح كما يلي:

- تعتمد فرنسا على القمح في إنتاج الإيثانول معتمدة على القمح في إنتاج ما يقارب 20 % من إنتاجها من الإيثانول، و تعتبر فرنسا أولى دول الاتحاد الأوروبي و خامس دولة على مستوى العالم في إنتاج الإيثانول و كذلك خامس دولة في إنتاج القمح عالميا.

[31] http://www.ers.usda.gov/data-products/feed-grains-database/feed-grains-yearbook-tables.aspx consulté le: 23/12/2014

- تحتل ألمانيا المرتبة الثانية بين دول الاتحاد الأوروبي في إنتاج الإيثانول و تنتج ألمانيا حوالي نصف إنتاجها من الإيثانول معتمدة على محصول القمح، من جهة أخرى يعتبر محصول الراي المحصول الثاني لإنتاج الإيثانول في دول الاتحاد الأوروبي، حيث تعتمد ألمانيا على الراي في إنتاج حوالي 50 % من إنتاجها من الإيثانول.

- تأتي إسبانيا في المرتبة الثالثة بين دول الاتحاد الأوروبي في إنتاج الإيثانول و تعتمد على محصول القمح في إنتاج نصف حجم إنتاجها من الإيثانول.[32]

ج) **الشعير:** يعتبر محصول الشعير أيضا من أهم مصادر إنتاج الإيثانول في دول الاتحاد الأوروبي حيث تعتمد إسبانيا على الشعير في إنتاج نحو 30 % من إنتاجها من الإيثانول، و قد بلغ الحجم المستخدم من الشعير في إنتاج الإيثانول عالميا 39 مليون طن أي حوالي 30% من الإنتاج العالمي الذي بلغ 128 مليون طن في سنة 2007 و ارتفع الحجم المستخدم إلى 41 مليون طن من إجمالي الإنتاج المقدر بـ 141 مليون طن خلال سنة 2013.[33]

جدول رقم (2-4): أهم مصادر إنتاج الإيثانول من محاصيل الحبوب و المحاصيل السكرية في العالم 2007

	المساحة الإجمالية مليون هكتار	الإنتاجية المتوسطة طن/هكتار	الإنتاج الإجمالي مليون طن	إنتاج الإيثانول مليار لتر
القمح	215	2.8	602	205
الأرز	150	4.2	630	271
الذرة	145	4.9	711	284
السرغو	45	1.3	59	22
قصب السكر	20	65	1300	91
الكاسافا	19	12	219	39
البنجر السكري	5.4	46	248	27

Source: Duncan Macqueen, Prospects and Challenges of Buofuels in Asia: Policy Implications, http://pub.iges.or.jp/modules/envirolib/upload/1565/attach/07_chapter5.pdf consulté le: 16/03/2014

[32] جمال محمد صيام و هنادي مصطفى عبد الراضي، دراسة اقتصادية لإنتاج الوقود الحيوي، المؤتمر الموسع الرابع للاتحادات العربية المتخصصة حول الطاقة الآمنة و الأمن الغذائي العربي، القاهرة، 27 ماي 2008

[33] http://www.ers.usda.gov/datafiles/Feed_Grains_Yearbook_Tables/All_tables_in_one_file/fgyearbooktablesrecent.pdf, consulté le: 23/12/2014

2- المحاصيل السكرية:

تعتبر المحاصيل السكرية كأحد المصادر الرئيسية لإنتاج الإيثانول خاصة قصب السكر و البنجر السكري حيث تعتبر أعلى مردودية و الأسهل في عملية التحويل مقارنة بمحاصيل الحبوب.

أ) **قصب السكر:** يمثل أهم المحاصيل السكرية في إنتاج الإيثانول، حيث تعتمد البرازيل في إنتاج الإيثانول بشكل أساسي على إنتاجها من قصب السكر، حيث تعتبر أكبر منتج لهذا المحصول عالميا و تستخدم حوالي نصف إنتاجها من محصول قصب السكر في الإيثانول. كما تعتمد الهند ثاني دولة بعد البرازيل في إنتاج قصب السكر أيضا على هذا المحصول في إنتاج الإيثانول و هي رابع دولة على مستوى العالم في إنتاج الإيثانول وقد بلغت نسبة المستخدم من قصب السكر لإنتاج الإيثانول في الهند 10.14 % في سنة 2006.[34]

ب) **البنجر السكري:** يعتبر البنجر السكري من أهم المحاصيل المستخدمة لإنتاج الإيثانول في الاتحاد الأوروبي وعلى وجه الخصوص في فرنسا التي تعتبر أول منتج له في العالم و قد بلغت نسبة المستخدم من محصول البنجر السكري لإنتاج الإيثانول في فرنسا 52.4 % في سنة 2006. [35] أما على المستوى العالمي فقد بلغت نسبة المستخدم من البنجر السكري في إنتاج الإيثانول 29% من الإنتاج العالمي في سنة 2010.

3- المحاصيل الزيتية: تمثل المحاصيل الزيتية أحد المصادر الرئيسية لإنتاج الديزل الحيوي خاصة بذور اللفت وفول الصوجا و زيت النخيل.

أ) **فول الصوجا:** يعتبر محصول فول الصوجا من المحاصيل الزيتية الهامة و يعتبر كذلك المصدر الأساسي لإنتاج الديزل الحيوي في كل من الأرجنتين، الولايات المتحدة الأمريكية، البرازيل و كندا. حيث تعتمد الولايات المتحدة على بذور فول الصوجا في إنتاج الديزل الحيوي و تحتل بذلك المرتبة الرابعة عالميا في إنتاج الديزل الحيوي والمرتبة الأولى في إنتاج فول الصوجا، و قد ارتفع إجمالي إنتاج الولايات المتحدة الأمريكية من الديزل الحيوي من 7 مليون غالون سنة 1997 إلى 561 مليون غالون سنة 2009 بزيادة تقدر بأكثر من 80 ضعف مقارنة بسنة 1997، و من جهة أخرى بلغت نسبة المستخدم من زيت فول الصوجا لإنتاج الديزل الحيوي في الولايات المتحدة الأمريكية 23.65 % من حجم الإنتاج في سنة 2012.[36]

---

[34] هنادي مصطفى عبد الراضي، دراسة اقتصادية لإنتاج الوقود الحيوي، المؤتمر الخامس عشر للاقتصاديين الزراعيين، القاهرة، 17 و 18 أكتوبر 2007

[35] نفس المرجع السابق

[36] http://www.ers.usda.gov/publications/ocs-oil-crops-outlook/ocs-14l.aspx consulté le: 23/12/2014

ب) بذور اللفت: يمثل زيت بذور اللفت المصدر الرئيسي الذي تعتمد عليه دول الاتحاد الأوروبي في إنتاج الديزل الحيوي، و قد ارتفعت نسبة المستخدم من بذور اللفت لإنتاج الديزل الحيوي في دول الاتحاد الأوروبي من 1.024 مليون طن سنة 2001 إلى 7.84 مليون طن في سنة 2012.

و بالإضافة إلى دول الاتحاد الأوروبي تعتمد الصين أيضا على بذور اللفت في إنتاج الديزل الحيوي و تعتبر خامس دولة على مستوى العالم في إنتاج الديزل الحيوي و الأولى عالميا في إنتاج بذور اللفت.

ج) زيت النخيل: يتم إنتاجه في المناطق الاستوائية و يعتبر من أهم مصادر إنتاج الزيوت النباتية في العالم، و يمثل المصدر الرئيسي لإنتاج الديزل الحيوي في العديد من الدول النامية خاصة في كل من ماليزيا و إندونيسيا أول وثاني منتج لزيت النخيل في العالم على التوالي، و يتميز زيت النخيل بكونه الأعلى إنتاجية بين المحاصيل الزيتية بمردود يصل إلى 6000 لتر في الهكتار، و الأكثر كفاءة في إنتاج الديزل الحيوي بحوالي 230 لتر في الطن من البذور.[37]

ثانيا: المحاصيل الزراعية غير الغذائية: تعرف بالمحاصيل الطاقوية و يمكن استخدامها لإنتاج أنواع الجيل الأول و الثاني للوقود الحيوي، مع الإشارة إلى أن بعض هذه المحاصيل يواجه صعوبات في عمليات المعالجة و التحويل، ومن أهم هذه المحاصيل نجد ما يلي:

1) نبات الجاتروفا: هو نبات شجيري ينمو في المناطق الحارة و يمكن استخدامه لمكافحة التصحر، و يتميز باستهلاكه الضئيل للمياه و عدم حاجته لأي نوع من التسميد.

تعتبر الجاتروفا من النباتات الزيتية ذات المحتوى الزيتي العالي في البذور و الذي يصل إلى 40 % من حجم البذور[38] و يصل مردود الشجيرة الواحدة بعد سنتين من الزراعة إلى 4 كيلوغرام و يتزايد المحصول بزيادة عمر الشجرة ليصل إلى 18 كيلوغرام. و تختلف إنتاجية الجاتروفا عبر مختلف المناطق باختلاف ظروف الإنتاج حيث تتراوح بين 0.4 و 12 طن في الهكتار سنويا، بينما تتراوح إنتاجية البذور من الزيت بين 304.8 و 1524 لتر للطن.[39] و هو ما دفع العديد من المستثمرين إلى الاهتمام بهذا النبات كمصدر لإنتاج الوقود الحيوي في إفريقيا.

---

[37] أنظر: منظمة الأغذية و الزراعة، مرجع سابق، ص 16

[38] M. Sawadogo et autres, Modélisation et évaluation des performances économiques de la logistique d'approvisionnement d'une huilerie : cas du JATROPHA au Burkina Faso, 4eme conférence biocarburants et bioénergies, Institut International d'ingénierie de l'eau et de l'environnement, du 21au 23 novembre 2013, Ouagadougou, p 36

[39] المنظمة العربية للتنمية الزراعية، مرجع سابق، ص 21

2) نبات الجوجوبا: هو نبات شجيري ينمو في المناطق الصحراوية، و يتميز بقدرته العالية على تحمل الظروف البيئية القاسية كارتفاع درجات الحرارة، الجفاف و الملوحة، و تحتاج الشجيرات الحديثة للري مدة سنتين.

و الجوجوبا أيضا من النباتات الزيتية التي يصل محتوى الزيت في بذورها ما بين 45% و 65% و تصل إنتاجيتها إلى 400 كيلوغرام في الهكتار في السنوات الأولى من زراعتها، و يمكن أن ترتفع الإنتاجية إلى 2 طن في الهكتار بعد عدة سنوات و تصل إلى 4 طن في الهكتار في بعض الأنواع المطورة[40]

3) نبات الكناف: و هو نبات متعدد الاستخدامات و يتميز بكتلة حيوية عالية و سرعة النمو، عرف كمصدر جيد لعجينة الورق، و يمكن استخدامه في إنتاج الإيثانول الحيوي لارتفاع السيليلوزي في سيقانه و الذي يبلغ 74% من وزن النبات، كما تستخدم بذوره لإنتاج الديزل الحيوي حيث تصل نسبة الزيت في البذور إلى 26.4%، و تتراوح إنتاجية الكناف ما بين 6 و 10 طن في الهكتار سنويا.[41]

ثالثا: الطحالب: هي كائنات حية دقيقة سريعة النمو مما يجعلها مرشحة لتكون مصدر الكتلة الحيوية الأعلى إنتاجية للوقود الحيوي من الجيل الثالث، حيث تتفوق إنتاجيتها على إنتاجية النباتات الزيتية البرية ما بين 30 إلى 100 ضعف[42] حسب بعض الدراسات.

تتميز الطحالب بكونها لا تمثل منافسا للمواد الغذائية على الأراضي الزراعية و لا عاملا لإزالة الغابات كما هو الحال بالنسبة للزراعات الطاقوية، و تعطي الطحالب أعلى مردودية إذا كان نموها يتم في وسط يصل تركيز ثاني أكسيد الكربون فيه إلى حوالي 13%.[43]

المطلب الرابع: استخدام الوقود الحيوي في قطاع النقل

تستخدم الكتلة الحيوية لأغراض طاقوية متعددة كتوليد الكهرباء و الاستخدامات الحرارية و الاستخدام الأكثر شيوعا كوقود للنقل تستخدم وسائط النقل نوعين أساسيين من الوقود الحيوي هما الإيثانول و الديزل الحيوي إضافة إلى الغاز الحيوي بشكل هامشي، و تتم تعبئة الوقود الحيوي في قطاع النقل وفق عدة أنماط تبعا لخصائص الوقود و أهداف الاستخدام، و في هذا المجال الأخير نميز استخدامات متعددة لأنواع الوقود الحيوي تبعا لخصائصها، فبالإضافة إلى استخدام الوقود الحيوي كبديل للوقود النفطي نجد أيضا بعض الأنواع تستخدم لتحسين عملية

[40] نفس المرجع السابق، ص 23
[41] نفسه، ص 25
[42] National Renewable Energy Laboratory, a look back at the US departement of energy's program : Biofuel from algae, www.eere.energy.gov/biomass/pdfs/biodiesel-from-algae.pdf
[43] Idem

الاحتراق في الوقود النفطي أو لتخفيض بعض الانبعاثات الضارة الناتجة عن احتراق الوقود التقليدي و كذلك تحسين بعض الخصائص الفيزيائية و الكيميائية لهذا الوقود من أجل الرفع من كفاءة المحركات، و هنا نكون أمام استخدام الوقود الحيوي كوقود مساعد أو كمضاف حسب الكميات المستعملة. هذه الاستخدامات تساعد على الحد من استخدام بعض المكونات و المضافات الصناعية الضارة للوقود التقليدي أو وقف استخدامها تماما كالرصاص و الكبريت و المركبات العطرية وغيرها.

1- استخدام الإيثانول: يعتبر الإيثانول أكثر أنواع الوقود الحيوي استخداما في قطاع النقل حيث يمثل 80 % من إجمالي الوقود الحيوي المستخدم عالميا في هذا قطاع، و يستعمل كوقود بديل في محركات السيارات التي تعتمد على البنزين يتم وفقا لأحد الشكلين التاليين:[44]

- **الإيثانول الرطب (المائي):** ينتج عن طريق التقطير من تخمر الكتلة الحيوية، ويحتوي علي الإيثانول بنسبة 96% من إجمالي الكتلة المنتجة، وهو يستخدم كوقود يمزجه بنسبة تصل إلى 15 % من البنزين.

- **الإيثانول الجاف (اللامائي):** عبارة عن كحول نقي يتم الحصول عليه بعد إزالة الماء من الإيثانول الرطب وتكون نسبة الإيثانول فيه لا تقل عن 99.7 %، ويمكن أن يستخدم كوقود بديل للبنزين مع بعض التعديلات على المحرك.

أ) أنماط تعبئة الإيثانول كوقود: يسوق وقود الإيثانول بأشكال تجارية متعددة عبر مختلف الدول المستخدمة لهذا النوع من الوقود ومن أكثر هذه الأنواع استخداما نجد:

- وقود E_{10} و يعرف بـ gasohol و هو مزيج من الإيثانول و البنزين يحتوي على الإيثانول بنسبة 10%؛

- وقود E_{85} و يعرف بتقنية الوقود المرن و هو مزيج يحتوي على إيثانول بنسبة 85% و هو المزيج المستخدم في الولايات المتحدة الأمريكية، و يتطلب بعض التغيرات في المحرك؛

- وقود E_{22} و هو مزيج تتراوح فيه نسبة الإيثانول بين 20 % إلى 24% وهذا المزيج مستخدم في البرازيل ويتطلب أيضا بعض التغيرات في المحركات؛

- وقود E_{100} و هو وقود من الإيثانول الصرف (إيثانول 100%) و يستعمل في البرازيل ويتطلب كذلك تعديلا في المحرك.

[44] IEA , Biofuels for transport, Op cit, pp 101 - 105

ب) الإيثانول كمضاف للوقود التقليدي: إضافة إلى استخدامه كوقود بديل يستخدم الإيثانول كمضاف للوقود النفطي من تحسين بعض خواصه في محل الإضافات النفطية و الصناعية المستخدمة سابقا، و يتم استخدامه كمضاف بصورة مباشرة أو بعد تحويله إلى إيثيل ثلاثي بيوتيل إثير (ETBE) كمضاف أوكسجيني للوقود التقليدي يعمل رفع محتوى الوقود من الأكسجين لتحسين الاحتراق مما يجعل انبعاث بعض المواد الضارة ينخفض بشكل كبير. و قد بدأ استخدام الإيثانول كمضاف للبنزين في الولايات المتحدة الأمريكية للحلول محل الرصاص الذي حظر استخدامه بعد أن ثبت تأثيره السلبي على الصحة و كذلك بدلا من مادة MTBE المشتقة من النفط التي منع استخدامها نظرا لآثارها السلبية على البيئة و خاصة على المياه الجوفية.[45]

ج) المزايا و المساوئ التقنية لاستخدام الإيثانول: ينطوي استخدام الإيثانول كبديل للوقود النفطي على مجموعة من المزايا و المساوئ، نجد من أهمها ما يلي:[46]

- **المزايا:** من أهم المزايا التي تميز الإيثانول نجد:

- يحتوي الإيثانول علي الأكسجين لذلك فإنه يكون أفضل من البنزين و في عملية الاحتراق وخاصة في المناطق التي تنخفض فيها نسبة الأكسجين كالمناطق شديدة الارتفاع؛

- يتميز الإيثانول بنقطة اشتعال ذاتي عالية مقارنة بالبنزين و الديزل مما يساعد نسبيا على تخزينه؛

- وقف استخدام بعض مضافات الوقود الضارة مثل أكسيد الرصاص و الهيدروكربونات العطرية التي ثبت أنها مسببة للسرطان.

- **المساوئ:** من أبرز سلبيات استخدام الإيثانول نجد:

- زيادة معدلات المواد العضوية المتطايرة مما يؤدي إلى ارتفاع مستويات الأوزون في الهواء؛

- زيادة معدلات تآكل المعادن سواء في محركات السيارات أو في أنظمة نقل و توزيع الوقود؛

- قابلية الإيثانول لامتصاص الماء مما يزيد من إمكانية انفصاله عن البنزين في حالة مزجهما معا؛[47]

- الحاجة إلى إجراء تغيرات جوهرية في المحركات في حالة استخدام الإيثانول بنسب تفوق 85 %.

2- استخدام الديزل الحيوي: يحتل الديزل الحيوي المشتق من الزيوت النباتية المرتبة الثانية من حيث استخدامه كوقود للنقل حيث يستخدم بديلا للديزل النفطي على الشكل الخام أو بعد معالجته ليتحول إلى إستر الزيوت

---

[45] FAO, agrocarburants et sécurité alimentaire, groupe d'expert de haut niveau sur la sécurité alimentaire et la nutrition, Rome, juin 2013, p 36

[46] مأمون عبسي حلبي، مرجع سابق 72

[47] Daniel Ballerini, LES BIOCARBURANTS Etat des lieux, Perspectives et enjeux de développement, Op Cit. pp 51, 52

النباتية (EHV) بمواصفات تماثل مواصفات الديزل النفطي مما يمكن من استعمال شبكة التوزيع الحالية بسهولة، و من أهم أنواعه نجد:

- **الزيت النباتي الخام:** يتم استخدام الزيت النباتي الخام غير المعالج كيميائيا في بعض المحركات العاملة بالديزل بشكل محدود كمحركات الجرارات الفلاحية بعد تنقيته و إزالة بعض المكونات الدهنية التي تجعل من الصعب استخدامه في المناطق الباردة.

- **إستر الزيوت النباتية:** يمثل الشكل التجاري للديزل الحيوي و يتميز بتقارب خصائصه الأساسية مع خصائص الديزل النفطي مما يمكن من إحلاله محل هذا الأخير بسهولة كبيرة و من دون عوائق مقارنة مع الزيت النباتي الخام.

أ) **أنماط تعبئة الديزل الحيوي كوقود:** على غرار الإيثانول يمكن إستعمال الديزل الحيوي كوقود بديل تام للديزل النفطي أو كوقود مساعد

- تعبئة الديزل الحيوي كوقود بنسب منخفضة: يتم استخدم الديزل الحيوي ممزوجا مع الديزل النفطي بنسب تصل إلى 20 % كحد أقصى من حجم المزيج، ومن أهم الأصناف في النمط من التعبئة نجد:[48]

- B5 و هو مزيج من الديزل النفطي و الديزل الحيوي بنسبة 5 % من هذا الأخير، يمكن استخدامه بصورة مباشرة في محركات الديزل دون إجراء أي تعديلات عليها. هذا الشكل منتشر الاستخدام كوقود للشاحنات في العديد من دول الاتحاد الأوروبي كفرنسا و إيطاليا.

- H BIO و هو مزيج يستخدم في وسائل النقل العمومي في البرازيل، و تبلغ نسبة الديزل الحيوي في هذا المزيج 18% من الحجم الكلي.

- B20 و هو مزيج تبلغ نسبة الديزل الحيوي فيه 20% و هو منتشر الاستخدام في الولايات المتحدة الأمريكية كوقود للشاحنات

- تعبئة الديزل الحيوي كوقود بنسب مرتفعة:

- B30 يستخدم الديزل الحيوي كوقود مساعد بمزجه مع الوقود النفطي بسبة تصل إلى 30 % حيث يستعمل بصورة أساسية في وسائل النقل العمومي نظرا لدوره في تحسين نوعية الهواء في المناطق الحضرية في دول الاتحاد الأوروبي بعد عدة تجارب أجراها الاتحاد التقني لصناعة السيارات و الدراجات. كما تم اختبار مزيج آخر في وسائل النقل العمومي في المدن البرازيلية يتكون من 32 % ديزل حيوي، 8 % إيثانول و 60% ديزل نفطي.

[48] IEA , Biofuels for transport, Op cit, pp 108- 109

- B100: يمكن استعمال الديزل الحيوي كوقود صرف (100 % ديزل حيوي) مع إجراء بعض التغييرات على أنظمة الوقود و المحركات، و يستخدم هذا النمط كوقود للشاحنات بصورة معتبرة في أوروبا خاصة في ألمانيا، النمسا و السويد التي تهتم بترقية استعمال هذا النوع من الوقود.

ب) الديزل الحيوي كمضاف للوقود النفطي: يستخدم الديزل الحيوي أيضا كمضاف للوقود النفطي حيث يعمل على رفع القدرة التشحيمية للديزل النفطي عند إضافة الديزل الحيوي مما يخفض من تآكل المعدات بنسبة كبيرة و كذلك تخفيض نسب الكبريت المحتوى في الوقود التقليدي وتحسين احتراقه عن طريق رفع المحتوى الأوكسيجيني للوقود.[49]

جدول رقم (2-5): الخصائص الأساسية لبعض الزيوت النباتية مقارنة بالديزل النفطي

	القيمة الحرارية (ك جول كغ)	الكثافة (كغ م^3)	اللزوجة (مم^2 ثا)	رقم السيتان
ديزل	43350	815	4.3	47.0
زيت دوار الشمس	39525	919	58.5	37.1
EMHV دوار الشمس	40575	878	10.3	45.5
زيت بذور القطن	39648	912	50.1	48.1
EMHV بذور القطن	40580	874	11.1	45.5
زيت الصوجا	39623	914	65.4	37.0
EMHV الصوجا	39760	872	11.1	38.0
زيت الذرة	37825	915	46.3	37.6
زيت اللفت	37620	914	39.2	37.6

المصدر: مأمون عبسي حلبي، مرجع سابق

ب) المزايا و المساوئ التقنية لاستخدام الديزل الحيوي: ينطوي استخدام الديزل الحيوي أيضا كبديل للوقود النفطي على مجموعة من المزايا و المساوئ، و من أهمها ما يلي:

- **المـــــزايا:** تتمثل أهم مزايا استخدام الديزل الحيوي في:

- المحافظة على أداء المحركات ذلك أن أداء الديزل الحيوي يصل إلى نفس كفاءة الديزل النفطي؛

[49] مأمون عبسي حلبي، مرجع سابق، ص 78

- استخدام الديزل الحيوي كمضاف يؤدي إلى تحسين الخواص الإنزلاقية للديزل النفطي مما ينعكس في رفع أداء المحركات؛

- عدم احتواء الزيوت النباتية على الكبريت يجعلها أكثر ملاءمة من الناحية البيئية مقارنة بالديزل النفطي كما أن مزجهما معا يقلل من حجم انبعاث الجزيئات العالقة؛

- رفع مستوى الأكسجين في الديزل بما يؤدي إلى تحسين عملية الاحتراق.[50]

- **المساوئ:**

- ارتفاع اللزوجة في الزيوت النباتية يتطلب تعديلا للمحرك، غير أن هذا المشكل يتم التغلب عليه باستخدام إستر الزيوت النباتية؛

- استخدام الزيوت النباتية يتسبب في زيادة معدلات انبعاث أكسيد النيتروجين.[51]

3- استخدام الغاز الحيوي: يستخدم الغاز الحيوي كوقود بعد تنقيته وفقا لمعايير الغاز الطبيعي لتصبح خصائصه مطابقة لوقود الغاز الطبيعي (GNV) غير أن استخدامه يبقى متواضعا جدا مقارنة بالوقود السائل رغم كونه من أنظف أنواع الوقود حيث أثبتت العديد من التجارب أن استعمال الغاز الحيوي كوقود في وسائل النقل يخفض من انبعاث غاز أول أكسيد الكربون بحوالي 80 % و أكاسيد النيتروجين بـ 40 % و الجزيئات العالقة بـ 90 %. و كغيره من أنواع الوقود الحيوي يتطلب استخدامه تعديلات كبيرة على المحركات بسبب انخفاض قدرة الاشتعال الذاتي مما يحد من التوسع في استخدامه في الوقت الحالي.

[50] Daniel Ballerini, LES BIOCARBURANTS Etat des lieux, Perspectives et enjeux de développement, Op Cit. p 61

[51] مأمون عبسي حلبي، مرجع سابق، ص 78

المبحث الثالث: سوق الوقود الحيوي

يمثل الوقود الحيوي السائل الشكل الوحيد للطاقة المتجددة المستخدمة في قطاع النقل حاليا و الذي يعرف استخدامه نموا متواصلا رغم التراجع الملحوظ في حجم الاستثمارات الموجهة لهذا القطاع، حيث أن نمو الطلب عليه دفع إلى بروز العديد من البلدان المنتجة و التي تعمل على الرفع من حجم إنتاجها لتغطية متطلبات أسواقها المحلية و التموقع كمصدرة لهذا المنتوج تحسبا لتوسع المبادلات الدولية خارج مناطق الإنتاج و الاستهلاك التقليدية و العمل على خلق سوق دولية منظمة تماشيا مع مبادرة البرازيل في إطار المنظمة العالمية للتجارة من أجل رفع العوائق التي تواجه التجارة الدولية للوقود الحيوي.

المطلب الأول: أهم المنتجين و المستهلكين للوقود الحيوي

يتوزع إنتاج و استهلاك الوقود الحيوي على عدد متزايد من دول العالم، غير أن القسم الأكبر من الإنتاج والاستهلاك يتركز في مجموعة محدودة من الدول يمكن تقسيمها إلى فئتين كما يلي:

1- الأسواق الناضجة: تسيطر ثلاث مناطق رئيسية حاليا على سوق الوقود الحيوي عالميا، وهي البرازيل، الولايات المتحدة الأمريكية و الاتحاد الأوروبي.

أ) البرازيل: يعتبر البرازيل الرائد التاريخي لإنتاج و استخدام الوقود الحيوي في قطاع النقل، إذ تحتل المركز الثاني في إنتاج الإيثانول الحيوي بالاعتماد على قصب السكر الذي تعتبر أول منتج له عالميا، و قد عرف إنتاج و استخدام الإيثانول الحيوي كوقود في البرازيل ثلاث مراحل:

- مرحلة النمو ما بين 1975 و 1990 و التي شهدت توسعا كبيرا في إنتاج و استهلاك الإيثانول بفعل البرنامج الحكومي proalcool؛
- مرحلة ركود نسبي بين 1990 و بداية القرن الحالي بفعل الصدمة النفطية المضادة و انخفاض أسعار النفط؛
- مرحلة عودة النمو من مطلع القرن الحالي إلى اليوم وذلك بفعل ارتفاع أسعار النفط بالتزامن مع توسع قطاع إنتاج سيارات الوقود المرن (FFV) التي كان لها دور كبير في نمو استهلاك الإيثانول الحيوي كوقود، إذ ارتفع عدد الوحدات المنتجة من هذا النوع من السيارات من حوالي 490 ألف سيارة في 2003 إلى حوالي 1.39 مليون سيارة في 2006 لتمثل أكثر من 50 % من السيارات المنتجة في البرازيل[52]؛ هذه السيارات تمنح للمستهلك

[52] مركز تنمية الصادرات المصرية، البرازيل صناعة الوقود الحيوي، القاهرة، 2008، ص 4

إمكانية الاختيار بين مزيج من البنزين و 20 إلى 25 % من الإيثانول أو الإيثانول الصرف حسب السعر على مستوى محطات التوزيع.

بلغ استهلاك الإيثانول 12 مليون طن في 2005 و تجاوز 25 مليار لتر في 2011 حيث يتم تسويق 60% من الإيثانول في شكل مزيج مع البنزين و 40% كوقود صرف، يغطي الحجم المستهلك 40% من استهلاك البنزين و 15% من إجمالي وقود النقل في البرازيل.

علاوة على تغطية الاستهلاك المحلي تستهدف البرازيل التصدير نحو اليابان بالدرجة الأولى أين تدرس الحكومة اليابانية إمكانية فرض مزج ما بين 3 إلى 10% من الإيثانول مع البنزين، إضافة إلى السوق الأمريكي و الأوروبي اللذان تخضع واردات الإيثانول إليهما إلى رسوم جمركية.

إضافة إلى كون البرازيل رائدة في صناعة الإيثانول الحيوي، فهي تهتم أيضا بالديزل الحيوي حيث تم إطلاق برنامج وطني لاستخدام هذا الأخير بهدف خفض الواردات من الديزل النفطي و تنمية مناطق إنتاج المواد الأولية المتمثلة أساسا في فول الصويا إذ تعتبر البرازيل من أكبر المنتجين العالميين للصويا إلى جانب الولايات المتحدة الأمريكية والأرجنتين و في نفس الوقت أكبر منتج لزيت الصويا، و تتوقع شركة النفط البرازيلية Petrobras أن يغطي إنتاج الديزل الحيوي 25% من واردات الديزل النفطي البرازيلية.[53]

ب) الولايات المتحدة الأمريكية: تعتبر الولايات المتحدة أكبر منتج للإيثانول عالميا بعد أن تجاوزت البرازيل منذ 2007 بإنتاج أكثر من 51 مليار لتر سنة 2011، و رغم ذلك يبقى استهلاك الإيثانول متواضعا من إجمالي استهلاك وقود النقل إذ لا يغطي سوى 1.5% من حجم الوقود المستهلك في النقل البري. و قد أعطى قانون الطاقة لسنة 2005 وزنا كبيرا للوقود الحيوي ضمن سياسة الطاقة الأمريكية من أجل خفض التبعية النفطية لمنطقة الشرق الأوسط، و ذلك من خلال إجراءات المزج الإجباري وتطوير الجيل الثاني من الوقود الحيوي. و يعرف إنتاج الإيثانول نموا مستمرا منذ أواخر تسعينيات القرن الماضي، حيث ارتفع عدد الوحدات الإنتاجية من 50 وحدة في 17 ولاية أنتجت 1.4 مليار غالون مع نهاية سنة 1998، إلى 211 وحدة بطاقة إنتاجية قدرها 14.7 مليار غالون في 28 ولاية أنتجت 13.1 مليار غالون في سنة 2012 إضافة إلى وحدات أخرى قيد الإنجاز. وحاليا يحتوي 90% من البنزين المستهلك في الولايات المتحدة على نسبة تصل إلى 10% من الإيثانول[54]

[53] [53] IFP, Le point sur les biocarburants : les biocarburants dans le monde, Panorama 2007 p 3 sur site : http://www.ifpenergiesnouvelles.fr/index.php/Publications/Etudes-disponibles/Notes-de-synthese-Panorama/Panorama-2007 consulté le: 14/10/2013

[54] John M. Urbanchuk, contribution of the ethanol industry to the economy of the United states, p 1

وعلى غرار البرازيل بدأت الولايات المتحدة الأمريكية الاهتمام بالديزل الحيوي كبديل للديزل النفطي في وسائل النقل الثقيل، و تعتبر صناعة الديزل الحيوي صناعة حديثة في الولايات المتحدة الأمريكية بدأت مع مطلع القرن الحالي كما أن إجراءات المزج الإجباري للديزل الحيوي لم تدخل حيز التنفيذ إلا في مارس 2010.

و تعتبر الولايات المتحدة الأمريكية ثاني منتج و مستهلك للديزل الحيوي بعد الاتحاد الأوروبي و تعمل الولايات المتحدة، على بلوغ المرتبة الأولى بعد إتمام مشاريع رفع الطاقة الإنتاجية لتصل إلى 5 مليون طن سنويا.[55]

ج) الإتحاد الأوروبي: يعرف الاتحاد الأوروبي نوعا من التأخر مقارنة بالولايات المتحدة الأمريكية و البرازيل في إنتاج و استخدام الإيثانول الحيوي نظرا لسيطرة الديزل على قطاع النقل الأوروبي، و يتركز إنتاج الإيثانول الأوروبي في ألمانيا، إسبانيا، السويد و فرنسا، و قد بلغ الاستهلاك أكثر من 2.7 مليون طن مكافئ نفط في 2009 وانخفض إلى 1.7 مليون طن مكافئ نفط في 2010، مع الإشارة إلى أن الاتحاد الأوروبي يسمح بمزج الإيثانول الحيوي مع البنزين دون رصاص في حدود 5% دون الإشارة إلى ذلك في محطات التوزيع .[56] وبخلاف الولايات المتحدة الأمريكية و البرازيل فإن دول الاتحاد الأوروبي باستثناء السويد لا تستخدم الإيثانول بصورة مباشرة و إنما يستخدم في شكل ETBE و هو ناتج عن تفاعل الإيثانول مع الإيزوبيتان أحد المشتقات النفطية، هذه الخصوصية الأوروبية تأتي من الالتزام بمعايير وقود النقل الأوروبية و كذلك لتفادي مشكل إنفصال الإيثانول عن البنزين.[57]

على العكس من وضعيته بالنسبة للإيثانول، يهيمن الاتحاد الأوروبي على سوق الديزل الحيوي الذي يمثل الوقود الحيوي رقم واحد في الاتحاد الأوروبي، و ذلك نظرا لطبيعة سوق الوقود الأوروبية التي تتسم بسيطرة الديزل الذي يمثل 60% الوقود المستهلك و هو ما يفسر النمو الكبير للديزل الحيوي مقارنة بالإيثانول، و يمثل الديزل الحيوي 77% من الوقود الحيوي المستهلك أوروبيا مقابل 21 % من الإيثانول، 1.3% من الزيت النباتي الخام و0.4% من الغاز الحيوي. مع الإشارة إلى أن الاتحاد الأوروبي يسمح بمزج الديزل الحيوي مع الديزل النفطي في حدود 7% دون الإشارة إلى ذلك في محطات التوزيع.[58]

---

[55] [55] IFP, Le point sur les biocarburants : les biocarburants dans le monde, Panorama 2007 p 3 sur site : http://www.ifpenergiesnouvelles.fr/index.php/Publications/Etudes-disponibles/Notes-de-synthese-Panorama/Panorama-2007 consulté le: 14/10/2013

[56] IFP, Le point sur les biocarburants : progression des marchés nationaux et internationaux, Panorama 2012 p 2, sur site : http://www.ifpenergiesnouvelles.fr/index.php/Publications/Etudes-disponibles/Notes-de-synthese-Panorama/Panorama-2012 consulté le: 14/10/2013

[57] IFP, Le point sur les biocarburants : les biocarburants dans le monde, Panorama 2007 p 4

[58] IFP, Le point sur les biocarburants : progression des marchés nationaux et internationaux, Op Cit

2- الأسواق الصاعدة: تتجه العديد من الدول في ظل ارتفاع أسعار النفط إلى تبني برامج لتنمية استخدام الوقود الحيوي، خاصة تلك الدول التي تمتلك إمكانات زراعية كبيرة، ومن أهمها:

أ) الصين: ظهر الاهتمام الصيني بالوقود الحيوي مع بداية القرن الحالي تماشيا مع النمو الاقتصادي الكبير و تنامي الواردات النفطية التي بلغت 55% من الاستهلاك الصيني سنة 2010 و من المتوقع أن تتجاوز 75% في آفاق 2030، و هو ما دفع الحكومة الصينية إلى تبني خيار الطاقات المتجددة باعتماد سياسة الطاقة المتجددة سنة 2000 و التي تستهدف تغطية 15% من استهلاك الطاقة بالطاقات المتجددة بحلول سنة 2020، و اشتملت هذه السياسة على تشجيع إنتاج الوقود الحيوي من خلال المخطط الخماسي العاشر (2001-2005) لحماية البيئة الذي تضمن إدخال الإيثانول كوقود للنقل، و يعتمد في إنتاجه بشكل أساسي على الذرة التي تمثل الصين ثاني منتج لها عالميا؛ و تعتبر الصين حاليا أكبر منتج للإيثانول في آسيا و ثالث منتج عالميا بإنتاج 1.1 مليون طن مكافئ نفط في 2012 مع تحديد هدف بلوغ إنتاج 6.4 مليون طن مكافئ نفط في آفاق 2020 [59]

إضافة إلى الإيثانول المهمين على سوق الوقود الحيوي الصينية، تنتج الصين الديزل الحيوي بكميات متواضعة تقدر بـ 100000 طن سنويا مقارنة باستهلاك الديزل الذي يصل إلى 70 مليون طن سنويا، و في إطار مخطط تنمية الطاقة المتجددة تسعى الصين إلى إنتاج 2.3 مليار لتر من الديزل الحيوي بحلول سنة 2020.

و بهدف تشجيع إنتاج الوقود الحيوي قامت الحكومة الصينية باستثمار 70.6 مليون دولار في إنشاء وحدات إنتاج الوقود الحيوي، إضافة إلى تقديم دعم للمنتجين بلغ 294 مليون دولار و دعم للمبيعات بـ 201.9 دولار للطن في سنة 2008، علاوة على الإعفاءات الجبائية التي يستفيد منها المنتجون.[60]

في ضوء الأهداف المحددة و نظرا لانعكاساتها المحتملة على أوضاع الأمن الغذائي، قامت الحكومة الصينية بمراجعة سياستها في مجال الوقود الحيوي سنة 2006 حيث قررت استخدام محاصيل غير غذائية لإنتاج الإيثانول واستخدام الجاتروفا لإنتاج الديزل الحيوي، على أن يتم إنتاج هذه المحاصيل في أراض غير زراعية.

ب) الهند: تعرف على غرار الصين نموا اقتصاديا كبيرا، و من أجل الاستجابة إلى تزايد الاستهلاك الطاقوي الذي تغطي الواردات النفطية منه جزء كبيرا بلغ 75% سنة 2010، إضافة إلى تزايد الانبعاثات الملوثة خاصة قطاع النقل الذي ينمو بمتوسط 9% سنويا و يستهلك أكثر 50% من النفط، تبنت الهند معايير الانبعاثات الأوروبية التي تشجع استخدام الوقود النظيف[61]، وعليه بدأت الهند برنامج لتنمية استخدام الإيثانول سنة 2002 و الذي

[59] IFP, Le point sur les biocarburants : progression des marchés nationaux et internationaux, Op Cit, 4
[60] IEA , sustainable production of second generation biofuels: potential and perspectives in major economies and developing countries, Paris, 2010, p 124
[61] FAO, agrocarburants et sécurité alimentaire, Op Cit, p 41

يتم إنتاجه من فائض إنتاج قصب السكر باعتبارها ثاني منتج لقصب السكر عالميا بعد البرازيل، و قد بلغ الإنتاج 1.08 مليار لتر من الإيثانول و240 ألف لتر من الديزل الحيوي في سنة 2008. و قد شرعت الهند في استخدام مزيج الإيثانول بـ 5% مع البنزين بشكل إلزامي منذ سنة 2007 كما قررت الحكومة الهندية في سنة 2009 بلوغ هدف تعبئة 20% من الإيثانول و الديزل الحيوي في الوقود المستهلك بحلول سنة 2017 [62]في إطار السياسة الوطنية للوقود الحيوي التي تقوم على أربعة أهداف أساسية تتلخص في ما يلي:

- تلبية احتياجات السكان من الطاقة خاصة في المناطق الريفية، مع إحداث تنمية في هذه المناطق و توفير مناصب شغل؛

- الاستجابة للمتطلبات الدولية المتعلقة بخفض انبعاث غازات الاحتباس الحراري عن طريق استخدام وقود حيوي يستجيب للمعايير البيئية؛

- إنتاج وقود حيوي اعتماد على مواد أولية غير غذائية، يتم إنتاجها في أراض هامشية أو غير صالحة للزراعة مع تفادي أي منافسة بين إنتاج الغذاء و إنتاج الوقود؛

- تنمية مصادر الكتلة الحيوية المحلية و تشجيع إنتاج الوقود الحيوي من الأجيال المتقدمة.[63]

و تبلغ القدرة الإنتاجية للإيثانول حوالي 500000 طن سنويا، غير أن حجم الإنتاج يتأثر بتغير فائض إنتاج قصب السكر في السوق المحلية والذي يرتبط بالظروف المناخية (2.3 مليون طن سنة 2007 و أقل من 1 مليون طن سنة 2009) ما جعل الحكومة الهندية في 2011 تعوض هدف 20% بإدخال E10 بالنسبة للإيثانول و B2 بالنسبة للديزل الحيوي.[64]

ج) الأرجنتين: تظهر الأرجنتين كمنتج صاعد للوقود الحيوي و ثاني منتج في أمريكا الجنوبية بعد البرازيل بإنتاج بلغ 1.8 مليون طن في سنة 2009 يوجه معظمه نحو التصدير بـ 85% من حجم الإنتاج مما يجعل الأرجنتين أكبر مصدر للديزل الحيوي عالميا و ذلك بفعل عاملين أساسيين هما إحلال الديزل الحيوي المنتج محليا محل الواردات من الديزل النفطي و تعويض خسارة السوق الصينية للزيوت النباتية بعد أن قررت الصين الاعتماد على إنتاجها المحلي؛ و مع النمو السريع لهذا القطاع تشير توقعات وزارة الزراعة الأمريكية إلى أن صادرات الأرجنتين سترتفع إلى 8 مليون طن في آفاق 2020 خاصة مع الحوافز الحكومية الممنوحة لصادرات الديزل الحيوي، مع

[62] IFP, Le point sur les biocarburants : les biocarburants dans le monde, Op. Cit, p 5
[63] FAO, agrocarburants et sécurité alimentaire, Op Cit, p 42
[64] IFP, Le point sur les biocarburants : les biocarburants dans le monde, Op. Cit, p 5

الإشارة إلى نمو الطلب المحلي بعد اعتماد مزيج B7 و دخوله حيز الاستخدام، حيث استهلك السوق حوالي ربع الإنتاج سنة 2010 ليرتفع الطلب المحلي إلى أكثر من ثلث الإنتاج سنة 2011.[65]

و الملاحظ أن قطاع إنتاج الديزل الحيوي في الأرجنتين يتكون من فرعين متكاملين، الفرع الأول يتمثل في المؤسسات الصغيرة و المتوسطة الأرجنتينية التي تعمل على تزويد السوق المحلية، الفرع الثاني يضم الشركات العالمية الكبرى التي يوجه إنتاجها إلى التصدير نحو السوق الأمريكية والأوروبية بالدرجة الأولى.

على نفس نسق إنتاج الديزل الحيوي تتجه الأرجنتين نحو تنمية إنتاج الإيثانول مدفوعة بعاملين أساسين يتمثلان في النمو المتزايد لإنتاج الذرة في حقول السافانا وسط البلاد و الاستثمارات الصينية الهامة في هذا المجال.

د) دول أخرى: تعتبر كل من ماليزيا و إندونيسيا أهم منتجين لزيت النخيل و تتجهان إلى تنمية إنتاج الديزل الحيوي كعامل للتنمية الاقتصادية من خلال تطوير قطاع تصدير الديزل الحيوي و المادة الأولية نحو الاتحاد الأوروبي بشكل رئيسي، إضافة إلى دعم الاستخدام المحلي للديزل الحيوي.

المطلب الثاني: هيكل إنتاج وتكاليف صناعة الوقود الحيوي

خلافا للوقود النفطي (البنزين و الديزل) الذي يتم إنتاجه من تكرير النفط من خلال عملية التقطير، فإن طرق إنتاج الوقود الحيوي السائل تختلف حسب طبيعة الوقود و المواد المستخدمة في إنتاجه و هو ما نوضحه فيما يلي:

1- إنتاج الديزل الحيوي:

أ) مراحل إنتاج الديزل الحيوي: يعطي تحويل الزيوت النباتية إلى ديزل حيوي وقودا ذا مواصفات قريبة جدا من مواصفات الديزل النفطي، و تمر عملية التحويل بثلاثة مراحل أساسية مسبوقة بمرحلة أولية لتحضير البذور الزيتية كما يلي:

- المرحلة الأولية: و هي المرحلة التي تسبق عملية استخراج الزيت وتتمثل في تحضير البذور عبر ثلاث خطوات. تتمثل الخطوة الأولى في فرز و تنظيف البذور للتخلص من البقايا النباتية إلى أقصى حد ممكن. الخطوة الثانية

[65] Martine GUIBERT Et Selvina Cecilia CARRIZO, les biocarburants en Argentine :facteurs et enjeux de la production de biodiesel de soja, OCL VOL 19 n° 3, 2012, sur site, http://dx.doi.org/10.1051/ocl.2012.0451 consulte le 07/11/2014

تتمثل في طحن البذور بهدف تكسير الخلايا الدهنية لتسهيل عملية التحويل الحراري و الاستخلاص. أما الخطوة الثالثة فهي المعالجة الحرارية من أجل التخفيض من لزوجة الزيت و تسهيل استخراجه من البذور.

- **استخراج الزيت:** تتم عملية استخراج الزيت وفق طريقتين

- الطريقة الميكانيكية: تتمثل في ضغط الحبوب بعد طحنها على البارد في درجة حرارة قصوى 60 درجة مئوية أو على الساخن في درجة حرارة تتراوح بين 80 و 120 درجة مئوية.

- الإستخراج باستخدام المذيبات: حيث تمزج البذور المطحونة بعنصر مذيب للحصول على مزيج يحتوي على 20 % من الزيت و 80% من العنصر المذيب، ثم يتم تقطير هذا المزيج لفصل الزيت عن المذيب. وتستخدم هذه الطريقة لرفع كمية الزيت المستخرجة مقارنة بالطريقة الميكانيكية، على أن هذه الطريقة لا تستخدم عادة إلا في الوحدات التي تتجاوز قدرتها الإنتاجية 500 طن يوميا.

- **تكرير الزيت الخام:** في هذه المرحلة يتم التخلص من المكونات غير المرغوبة في الزيت النباتي الخام الذي يحتوي على أكثر من 4% من الأحماض الدهنية[66] بإضافة الماء أو البخار لعزل تلك المكونات، ثم إزالتها عن طريق الطرد المركزي في المرحلة الأولى؛ و في المرحلة اللاحقة يتم تنقية الزيت من الأحماض الدهنية الحرة و الصابون الناتج عن عملية الطرد المركزي.

- **الأسترة المتبادلة:** و يتم خلال هذه المرحلة تحويل الزيت النباتي إلى ديزل حيوي عن طريق معالجة الزيت باستخدام كحول مع عامل محفز للتفاعل و الحرارة، و ينتج عن هذه العملية إضافة إلى الديزل الحيوي منتج ثانوي يتمثل في الغليسيرين الذي يوجه للاستخدام في بعض الصناعات الكيميائية.

ب) مدخلات و تكاليف الإنتاج: يتطلب إنتاج الديزل الحيوي توفر مجموعة من المدخلات و التكاليف عبر مختلف المراحل، من زراعة المواد الأولية إلى المنتوج النهائي.

- **مرحلة إنتاج المادة الأولية:** تحتاج زراعة البذور الزيتية كغيرها من عمليات الإنتاج إلى استخدام مجموعة من عوامل الإنتاج للحصول على المخرجات المتمثلة في البذور الزيتية من جهة و مخلفات زراعتها من جهة أخرى والتي يمكن استخدامها أيضا لأغراض طاقوية.

[66] محمد عصام اليماني، الوقود الحيوي و تحديات الزراعة و الغذاء و الطاقة، المؤتمر الرابع حول التكنولوجيات الحديثة في الزراعة، القاهرة، 2009، ص 900

تتمثل عوامل الإنتاج في العوامل الثابتة كمساحة الأراضي المخصصة للزراعة التي تكون عادة ثابتة خلال دورة الإنتاج و تترجم في شكل تكاليف ثابتة، و عوامل الإنتاج المتغيرة التي تتغير تبعا لظروف الإنتاج كالمبيدات. وتتلخص تكاليف إنتاج بذور اللفت المستخدمة لإنتاج الديزل الحيوي في الاتحاد الأوروبي في الجدول التالي:

جدول رقم (2-6): تقدير تكاليف إنتاج بذور اللفت في أوروبا

طبيعة التكلفة	التكلفة بـ أورو/ هكتار	التكلفة بـ أورو/قنطار
التكاليف المتغيرة		
بذور	36.81	0.92
أسمدة	184.07	4.6
مبيدات	143.16	3.58
تكلفة الآلات	163.61	4.09
تكاليف إنتاجية أخرى	61.36	1.53
مجموع التكاليف المتغيرة	**589.01**	**14.73**
التكاليف الثابتة		
التكلفة الثابتة للآلات	163.61	4.09
تكلفة العمل	143.16	3.58
إيجار الأرض الزراعية	153.39	3.83
تكاليف ثابتة أخرى	102.26	2.56
مصاريف مالية	92.03	2.3
مجموع التكاليف الثابتة	**654.45**	**16.36**
إجمالي التكاليف	**1243.46**	**31.09**
الدعم	347.68	8.69
تكلفة الإنتاج	**895.78**	**22.39**

Source: Cédric HANCE, Analyse économique et environnementale de la filière biodiesel en Belgique et en Europe, thèse DES, université libre de Bruxelles, 2003, p 40

- **المرحلة الصناعية:** تتضمن استخراج الزيت النباتي الخام و تحويله إلى ديزل حيوي، و تصل مردودية استخراج الزيت من بذور اللفت إلى 40%؛ أي أن إنتاج 1 طن من الزيت يتطلب 2.5 طن من البذور الزيتية، و بعد

تكرير الزيت الخام تتم عملية الأسترة لتحويله إلى ديزل بمزجه مع الميثانول بـ 100 كيلوغرام لكل طن من الزيت وتنتج هذه العملية 1 طن من الديزل الحيوي و 100 كيلوغرام من الغليسيرين. و يوضح الجدول التالي تكاليف إنتاج الديزل الحيوي من بذور اللفت عبر مختلف المراحل.[67]

جدول رقم (2-7): تكلفة إنتاج الديزل الحيوي

الوحدة: أورو/ جيغا جول

تكلفة المادة الأولية	11.66
تكلفة إنتاج الزيت الخام	3.62
تكلفة التحويل	3.00
تكلفة إنتاج الوقود	**18.28**
تكلفة إنتاج اللتر	**0.61**

Source : Philippe DEFEYT, Données et enjeux économiques du dossier des biocarburants, Institut pour un Développement Durable, Bruxelles, 2005, p 7

2- صناعة الإيثانول الحيوي:

أ) مراحل إنتاج الإيثانول الحيوي: تمر صناعة الإيثانول بمجموعة من المراحل تتضمن ما يلي:

- **تحضير المواد الأولية:** تتضمن تنقية المواد الأولية النشوية أو السكرية و طحنها للحصول على مسحوق

- **استخلاص السكر:** و يتم عن طريق إضافة الماء إلى مسحوق المواد السكرية، أما المحاصيل النشوية فتتطلب تحويل النشاء إلى سكر بسيط عن طريق إضافة إنزيمات و تسخين المزيج لتحليل النشاء ثم استخلاص السكر. وتعتبر عملية الاستخلاص من قصب السكر هي الأسهل لكونه يحتوي على السكر في صورة نقية و بتركيز جيد (حوالي 20%).[68]

- **التخمير:** يتم تخمير المحلول السكري لتحويله إلى كحول بإضافة خميرة إلى المحلول و ضبط الحرارة لتسريع التفاعل، و تعطي عملية التخمر عند اكتمالها الإيثانول و ثاني أكسيد الكربون حيث تصل نسبة الإيثانول إلى حوالي 15%.[69]

[67] Philippe Defeyt, Données et enjeux économiques du dossier des biocarburants, Institut pour un Développement Durable, Bruxelles, 2005, pp 6-8

[68] محمد عصام اليماني، مرجع سابق، ص 898

[69] نفس المرجع، ص 899

- **التقطير:** يتم تقطير المزيج الناتج عن التخمر لفصل الإيثانول عن بقية النواتج الأخرى، و تعطي عملية التقطير كحول يحتوي على 5% من الماء[70] و الذي تتم إزالته فيما بعد للحصول على إيثانول نقي جاهز للاستخدام المباشر أو للمزج مع الوقود النفطي.

ب) مدخلات و تكاليف الإنتاج: كما هو الحال بالنسبة لإنتاج المواد الأولية المستخدمة في إنتاج الديزل الحيوي يتطلب إنتاج المواد الأولية لإنتاج الإيثانول الحيوي مدخلات مباشرة و مدخلات غير مباشرة تختلف حسب المادة المنتجة.

أما المرحلة الصناعية التي تتضمن تحويل السكر المستخرج من المواد الأولية إلى إيثانول فتختلف متطلباتها باختلاف المواد الأولية بين المحاصيل النشوية و السكرية.

فبالنسبة لقصب السكر المستخدم كمادة أولية في البرازيل يمكن إنتاج الإيثانول من القصب مباشرة أو من أحد النواتج الثانوية لإنتاج السكر و هما عسل السكر (molasses) (حوالي 4.5% من حجم الإنتاج) أو تفل القصب (bagasse) (حوالي 25% من حجم الإنتاج)، و تصل مردودية استخلاص السكر من القصب إلى 12% و ينتج كل طن من قصب السكر 70 لتر من الإيثانول[71]، بينما يعطي الطن الواحد من عسل السكر (الذي يتم تخميره مباشرة) 255 لتر من الإيثانول في المتوسط.

أما الذرة المدخل الرئيسي لإنتاج الإيثانول في الولايات المتحدة الأمريكية فتصل مردودية استخلاص النشا من الحبوب إلى 69% و يعطي كل طن من الذرة 410 لتر من الإيثانول في المتوسط.[72]

---

[70] مأمون عبسي حلبي، مرجع سابق

[71] Mustafa Balat & Havva Balat, Recent trends in global production and utilization of bio-ethanol fuel, Applied Energy, vol 89, 2009, p 2277, sur site: www.biotek.lu.se/fileadmin/bioteknik/utbildning/kurser/kkka05/biofuelbioetoh.pdf consulté le: 20/10/2014

[72] Idem

جدول رقم (2-8): تقدير تكلفة إنتاج الإيثانول في الولايات المتحدة الأمريكية و البرازيل

الوحدة: دولار لتر

	البرازيل	الولايات المتحدة الأمريكية
تكلفة المادة الأولية	0.14	0.23
تكلفة التحويل	0.04	0.12
تكاليف أخرى	0.02	0.05
إيرادات المنتجات الثانوية	(0.01)	(0.11)
تكلفة إنتاج اللتر	0.19	0.29

Source : Daniel Ballerini, LES BIOCARBURANTS Etat des lieux, Perspectives et enjeux de développement, Op. Cit, p 314 et 316 بتصرف

3- التشابك الاقتصادي لنشاط إنتاج الوقود الحيوي: يرتبط إنتاج الوقود الحيوي بالعديد من قطاعات النشاط الاقتصادي التي تضم العديد من النشاطات الإنتاجية التي يعتمد عليها إنتاج الوقود الحيوي في توفير المدخلات اللازمة، و كذلك القطاعات التي تعتمد على هذا النشاط بصورة مباشرة أو غير مباشرة، من القطاع الزراعي إلى قطاع الصناعات الكيميائية و صناعات التكنولوجيا الحيوية وقطاع الطاقة و خدمات النقل و التوزيع وغيرها، في شكل ترابطات خلفية و أمامية يمكن أن تعطينا صورة حول أهمية إنتاج الوقود الحيوي ضمن قطاعات النشاط الاقتصادي و دوره في تنمية علاقات الاعتماد المتبادل بين مختلف القطاعات الإنتاجية في الاقتصاد.

و الملاحظ أن هناك تعدد في علاقات التشابك الخلفي لنشاط إنتاج الوقود الحيوي مع تركزها في القطاع الزراعي، فمن خلال البيانات المتاحة عن مساهمة إنتاج الوقود الحيوي في الاقتصاد الأمريكي نجد أن القطاع الزراعي يحتل المرتبة الأولى من حيث الأهمية النسبية في هيكل مدخلات إنتاج الوقود الحيوي بنسبة مساهمة تفوق 84% ثم قطاع الطاقة و المياه الذي يساهم بأكثر من 6% و قطاع الصناعة الكيميائية بحوالي 5.4%، حيث تمثل المدخلات هذه القطاعات أكثر من 95% من إجمالي مدخلات إنتاج الوقود الحيوي؛ وهذا ما يتفق مع هيكل تكاليف الإنتاج حيث تمثل تكلفة المواد الأولية الزراعية أهم عناصر تكلفة إنتاج الوقود الحيوي بنسبة تصل إلى 80% و يبين أهمية فرع إنتاج الوقود الحيوي كمستخدم لمنتجات القطاع الزراعي.

جدول رقم (2-9): الأهمية النسبية للقطاعات المجهزة لصناعة الوقود الحيوي في الاقتصاد الأمريكي 2012

القطاعات	المدخلات (مليون دولار)	مؤشر الأهمية النسبية %
القطاع الزراعي	33110	84.49
الصناعات الكيميائية	2120	5.41
الطاقة و المياه	2317	5.91
الصيانة الصناعية	346	0.88
النقل	100	0.25
الخدمات العامة	412	1.05
قطاعات أخرى	783	2.00
مجموع المدخلات	39188	

المصدر: من إعداد الباحث اعتمادا على بيانات

John M. Urbanchuk, contribution of the ethanol industry to the economy of the United States, Op Cit

المطلب الثالث: تطور إنتاج و استهلاك الوقود الحيوي في العالم

1- اتجاهات تطور إنتاج الوقود الحيوي: يعرف إنتاج الوقود الحيوي بنوعيه نموا مطردا مدفوعا بالإجراءات الداعمة و السياسات الحكومية الملزمة حيث يمثل الوقود الحيوي مدخلا لخفض انبعاث ثاني أكسيد الكربون والتقيد ببروتوكول كيوتو بالنسبة للاتحاد الأوروبي، كندا و اليابان، إضافة إلى سعي المنتجين الزراعيين إلى دخول أسواق جديدة لمواجهة انخفاض أسعار المنتجات الزراعية و الضغوط الدولية لخفض دعم القطاع الزراعي.

أ) تطور إنتاج الإيثانول: يمثل الإيثانول أهم أشكال الطاقة الحيوية و يتزايد استخدامه في قطاع النقل كوقود بديل أو كمضاف للبنزين، و ينمو إنتاج الإيثانول عالميا بشكل مطرد حيث تضاعف الإنتاج أكثر من 6 مرات بين سنتي 1991 و 2011 ليرتفع من حوالي 16 مليار لتر سنة 1991 إلى أكثر من 105 مليار لتر سنة 2011، يتركز معظم هذا الإنتاج في الولايات المتحدة الأمريكية و البرازيل بحوالي 75% من الإنتاج العالمي.

جدول (2-10) تطور الإنتاج العالمي من الإيثانول الحيوي 2007-2011

الوحدة: مليون لتر

	2007	2008	2009	2010	2011
الولايات المتحدة	29944.19	35746.35	44354.32	48469.73	51142.03
البرازيل	22327.5	26468.7	25066.44	26720.10	28805.76
الإتحاد الأوروبي	4068.41	5021	5700.25	6230.31	6798.42
كندا	921.34	1373.11	1468.04	1607.32	1771.13
الأرجنتين	227.53	210.31	321.08	377.51	288.32
العالم	72059.10	83639.95	91909.02	99423.16	105607.97

Source: Hugo HANNE, Les marchés de production et de consommation et les prix des biocarburants dans l'Union européenne et le monde, dgccrf eco n° 9, Paris, 2009, p 4

و تعتبر الولايات المتحدة الأمريكية أكبر منتج للإيثانول الحيوي في العالم منذ سنة 2007 بإنتاج وصل إلى 30 مليار لتر ما يعادل 42% من الإنتاج العالمي و ارتفع حجم إنتاجها إلى 51 مليار لتر سنة 2011 بما يعادل 48% من الإنتاج العالمي.

و تأتي البرازيل في المرتبة الثانية مستفيدة من ميزة كونها من أكبر منتجي المحاصيل الزراعية المستخدمة في إنتاج الوقود الحيوي حيث تحتل المرتبة الأولى عالميا في إنتاج قصب السكر بـ 16% من الإنتاج العالمي و المرتبة الثانية في إنتاج فول الصوجا بـ 26% و المرتبة الثالثة في إنتاج الذرة بـ 7%، إضافة إلى امتلاكها لثروة غابية كبيرة تشكل مصدر هام للطاقة الحيوية، علاوة على المساحات الزراعية الشاسعة التي تقدر بـ أكثر من 90 مليون هكتار. و عرف الإنتاج البرازيلي نموا مستمرا رغم تراجع نسبة مساهمتها في الإنتاج العالمي بإنتاج أكثر من 22 مليار لتر سنة 2007 أي ما يعادل 31% من الإنتاج العالمي ليصل إلى 29 مليار لتر ما يعادل 27% من الإنتاج العالمي. و يعود نمو الإنتاج بشكل أساسي إلى ارتفاع مردود الهكتار من قصب السكر و ارتفاع نسبة المستخدم من قصب السكر في إنتاج الإيثانول من 15% إلى 70% خلال التسعينيات من القرن الماضي لتستقر في حدود 50% حاليا.

يمثل الاتحاد الأوروبي ثالث أكبر منتج للإيثانول الحيوي عالميا بمساهمة تبلغ 6% من الإنتاج العالمي و قد بلغ إنتاجه في 2011 ما يقارب 6.8 مليار لتر. و يعتمد الإنتاج الأوروبي بشكل رئيسي على محصول القمح بحوالي 50% من الإنتاج في أهم الدول المنتجة، و يتركز الإنتاج الأوروبي في خمس دول هي فرنسا، إسبانيا، بولونيا،

ألمانيا و السويد. بالموازاة مع ذلك يتوقع نمو إنتاج الإيثانول بسرعة في منطقة آسيا خاصة في الصين التي ينمو استهلاكها بسرعة ليجاوز الإنتاج المحلي، و في الهند التي تدعم صناعة الوقود الحيوي من المقرر أن يصل الإنتاج إلى 3.6 مليار لتر في سنة 2017، و كذلك تايلندا التي تستهدف خفض الاعتماد على الواردات النفطية ورفع مساهمة الإيثانول في استهلاك الوقود من نوع البنزين من 2% سنة 2008 إلى حوالي 12% سنة 2017 وبذلك يرتفع الإنتاج إلى 1.8 مليار لتر.[73]

ب) تطور إنتاج الديزل الحيوي: عرف إنتاج الديزل الحيوي نموا سريعا جدا خلال الفترة الممتدة بين 1991 و2011 حيث ارتفع حجم الإنتاج من 11 مليون لتر إلى أكثر من 23.5 مليار لتر و يتركز الإنتاج في كل من الإتحاد الأوروبي الذي يعتبر أكبر منتج للديزل الحيوي عالميا و الولايات المتحدة الأمريكية، البرازيل و الأرجنتين.

بلغ إنتاج الإتحاد الأوروبي حوالي 11 مليار لتر سنة 2011 ما يعادل 46% من الإنتاج العالمي و يأتي معظم الإنتاج الأوروبي من ألمانيا التي تعتبر أكبر منتج و مستهلك للديزل الحيوي في أوروبا، و تنتج حوالي نصف الإنتاج الأوروبي. و يعتمد إنتاج الديزل الحيوي في أوروبا على زيت بذور اللفت و يستفيد من إجراءات السياسة الزراعية الموحدة للاتحاد الأوروبي التي تهدف إلى الحد من الفائض في إنتاج الزراعات الغذائية للحفاظ على مستويات الأسعار و بالمقابل تشجع الزراعات غير الغذائية و من بينها الزراعات الطاقوية. و تأتي الولايات المتحدة الأمريكية كثاني منتج عالميا بإنتاج بلغ ما يقارب 3 مليار لتر يمثل 13% من إجمالي الإنتاج العالمي.

و علاوة على نمو الإنتاج لدى أهم المنتجين يتزايد الإنتاج في مناطق أخرى من العالم أهمها شرق و جنوب شرق آسيا في كل من الصين، سنغافورة و إندونيسيا التي تعمل على رفع المساحة المخصصة لزراعة النخيل الزيتي من 1.5 مليون هكتار إلى 7 مليون هكتار في إطار برنامج لرفع إنتاجها من الديزل الحيوي و الذي يستفيد من دعم قدره 100 مليون دولار و في المقابل خفضت من الإعانات الممنوحة للوقود النفطي و التي ألغيت تماما سنة 2005 لتصبح صناعة الوقود الحيوي قادرة على المنافسة اقتصاديا و بدأ الإنتاج على نطاق تجاري في 2006 بمستوى إنتاج بلغ 600 مليون لتر سنة 2007 ليصل إلى 3مليار لتر بحلول سنة 2017. و في ماليزيا ثاني أكبر منتج لزيت النخيل في العالم و التي تستهدف الوصول إلى 10%من الإنتاج العالمي للديزل الحيوي، بدأ الإنتاج بشكل تجاري سنة 2006 ووصل الإنتاج إلى 360 مليون لتر سنة 2007 و من المتوقع أن ينمو الإنتاج بمعدل 10%سنويا ليصل إلى 1.1 مليار لتر خلال عشر سنوات.[74]

[73] voir: OECD & FAO, agricultural outlook 2008 – 2017 , OECD publications, Paris 2008
[74]Idem

جدول (2-11) تطور الإنتاج العالمي من الديزل الحيوي 2007-2011

الوحدة: مليون لتر

	2007	2008	2009	2010	2011
الولايات المتحدة	1497.06	2370.72	1649.03	953.04	2961.06
البرازيل	319.98	952.63	1293.40	2405.01	2469.95
الإتحاد الأوروبي	6492.05	8063.56	9567.55	9919.63	10845.98
كندا	97.46	140.97	253.30	314.84	332.19
الأرجنتين	459.09	1400	1150	2178	2375.84
العالم	10950.28	15819.17	17179.09	19825.72	23578.57

Source: Hugo HANNE, op cit, p 5

2- تطور استهلاك الوقود الحيوي:

أ) تطور استهلاك الإيثانول: ينمو استهلاك الإيثانول بشكل ملحوظ إلا أن مساهمته لازالت متواضعة ضمن إجمالي استهلاك الوقود في قطاع النقل إذ لا يمثل سوى ما يقارب من 5% من استهلاك البنزين عالميا. فقد ارتفع حجم الاستهلاك العالمي من حوالي 71 مليار لتر سنة 2007 إلى أكثر من 106 مليار لتر سنة 2011 بمعدل نمو سنوي متوسط 10.7% خلال الفترة 2007-2011، و نلاحظ أن حجم الاستهلاك في سنة 2011 يتجاوز حجم الإنتاج و تم تغطية هذا العجز باستخدام المخزونات الاحتياطية، و يعود ارتفاع الطلب إلى رفع نسب المزج في بعض الدول و دخول المزج الإجباري حيز التنفيذ في دول أخرى.[75]

جدول (2-12) تطور الاستهلاك العالمي من الإيثانول الحيوي 2007-2011

الوحدة: مليون لتر

	2007	2008	2009	2010	2011
الولايات المتحدة	31620.65	39196.21	46523.22	48269.73	52810.92
البرازيل	18758.96	21312.84	21828.96	24625.59	25119.33
الإتحاد الأوروبي	5011	6698	7080.36	7779.98	9310.85
كندا	1107.57	1443.41	1429.20	1718.50	2281.94
الأرجنتين	142	130	224.16	399.93	367.97
العالم	70980.04	83377.51	92932.01	99152.15	106628.93

Source: Hugo HANNE, op cit, p 4

[75] Hugo HANNE, Les marchés de production et de consommation et les prix des biocarburants dans l'Union européenne et le monde, dgccrf eco n° 9, Paris, 2009, p 6

يهيمن البنزين على نمط استهلاك وقود النقل في الولايات المتحدة الأمريكية حيث يسيطر على حوالي 85%[76] من إجمالي استهلاك الوقود السائل و هو ما جعل منها بشكل طبيعي أكبر مستهلك للإيثانول الحيوي في العالم و قد بلغ استهلاكها حوالي 49.5% من إجمالي الاستهلاك العالمي سنة 2011، هذا الاستهلاك يعرف نموا مستمرا يتجاوز معدل الاستهلاك العالمي بمتوسط سنوي يبلغ 13.7%، و الملاحظ أن الولايات المتحدة الأمريكية تسجل عجزا في تغطية الاستهلاك من الإنتاج المحلي بلغ 3% في 2011، نفس الوضعية يعرفها الاتحاد الأوروبي ثالث مستهلك عالميا و الذي يعرف استهلاكه نموا بمعدل 16.75% و تبين الإحصائيات تدهور وضعية ميزان الطاقة حيث يعرف العجز تزايدا من 23% من الإنتاج المحلي سنة 2007 إلى 37% سنة 2011. هذه الوضعية تعرفها أيضا كندا حيث بلغت نسبة التبعية 23% من إنتاجها المحلي.

على العكس من وضعية الولايات المتحدة و الاتحاد الأوروبي تغطي البرازيل استهلاكها و تسجل فائضا من الإنتاج المحلي، و تعتبر البرازيل ثاني مستهلك للإيثانول الحيوي عالميا بحوالي 23% مع تراجع حصتها من إجمالي الاستهلاك العالمي بالتوازي مع تراجع حصتها من الإنتاج العالمي.

جدول (2-13) تطور نسبة استهلاك الإيثانول الحيوي من الإنتاج المحلي 2007-2011

	2007	2008	2009	2010	2011
الولايات المتحدة	%106	%110	%105	%100	%103
البرازيل	%84	%80	%87	%92	%87
الإتحاد الأوروبي	%123	%133	%124	%125	%137
كندا	%120	%105	%97	%107	%129
الأرجنتين	%62	%62	%70	%97	%95

Source: Hugo HANNE, op cit, p 6

ب) تطور استهلاك الديزل الحيوي: ارتفع الاستهلاك العالمي من الديزل الحيوي بأكثر من الضعف بين سنتي 2007 و 2011 بمعدل نمو سنوي متوسط بلغ 21.88% خلال نفس الفترة و هو بذلك ينمو بصورة أسرع من استهلاك الإيثانول. و رغم هذا النمو السريع إلا أن مساهمة الديزل الحيوي مازالت هامشية ضمن إجمالي استهلاك وقود الديزل في العالم، فقد بلغت مساهمته 1.5% من إجمالي الاستهلاك العالمي.

[76] منظمة الأقطار العربية المصدرة للنفط، تطور نمو الطلب على المنتجات النفطية في الأسواق الرئيسية و انعكاساته على الدول الأعضاء، الكويت 2011، ص 3

جدول (2-14) تطور الاستهلاك العالمي من الديزل الحيوي 2007-2011

الوحدة: مليون لتر

	2007	2008	2009	2010	2011
الولايات المتحدة	1056	1196.8	862.4	668.8	2323.2
البرازيل	319.975	952.631	1293.404	2405.013	2469.948
الإتحاد الأوروبي	6874.99	9199.76	11296.51	11910.42	13000.39
كندا	97.461	140.792	187.67	278.941	367.767
الأرجنتين	0	0	209.749	532.211	540.455
العالم	10004.41	13788.31	16442.54	18710.76	22080.57

Source: Hugo HANNE, op cit, p 7

يأتي الاتحاد الأوروبي في طليعة مستهلكي الديزل الحيوي في العالم لكونه تقليديا يعتمد على الديزل الذي يمثل ثلثي سوق الوقود الأوروبي، و يستحوذ الاتحاد الأوروبي على حوالي 60% من الاستهلاك العالمي و قد بلغ استهلاكه في سنة 2011 أكثر من 13 مليار لتر، و كما هو الحال بالنسبة للإيثانول يسجل الاتحاد الأوروبي عجزا في تغطية الاستهلاك من الديزل الحيوي إرتفع من 6% سنة 2007 إلى 20% سنة 2011، بينما تسجل الولايات المتحدة الأمريكية فائضا يتجاوز 20%. و الملاحظ أيضا النمو الكبير لاستهلاك البرازيل الذي انتقل من حوالي 3% من الاستهلاك العالمي سنة 2007 إلى 11% سنة 2011 مع تحقيق اكتفاء ذاتي طول الفترة المذكورة.

جدول (2-15) تطور نسبة استهلاك الديزل الحيوي من الإنتاج المحلي 2007-2011

	2007	2008	2009	2010	2011
الولايات المتحدة	%71	%50	%52	%70	%78
البرازيل	%100	%100	%100	%100	%100
الإتحاد الأوروبي	%106	%114	%118	%120	%120
كندا	%100	%100	%74	%89	%111
الأرجنتين	%0	%0	%18	%24	%23

Source: Hugo HANNE, op cit, p 8

المطلب الرابع: التجارة الدولية للوقود الحيوي

يعطي نمو إنتاج و استهلاك الوقود الحيوي دفعا كبيرا للتجارة الدولية و زيادة حجم المبادلات من أنواع هذا الوقود التي تعرف نموا رغم بعض العوائق التجارية.

1- الوقود الحيوي كسلعة دولية: تبقى المشتقات النفطية المصدر المسيطر في سوق وقود النقل حيث تمثل أكثر من 96 % من الوقود المستخدم في قطاع النقل فيما يساهم الوقود الحيوي بنسبة 1% [77] غير أن هذه النسبة مرشحة للارتفاع مع ارتفاع أسعار النفط و سعي كل من الولايات المتحدة و البرازيل إلى جعل الإيثانول سلعة تبادلية دولية باعتبارهما أكبر المنتجين لهذا النوع من الوقود حيث تسيطران على 70 % من الإنتاج العالمي لهذا النوع من الوقود، غير أن تحول الإيثانول إلى سلعة تبادل دولية يواجه مجموعة من الصعوبات و أهمها ضعف الطاقة الإنتاجية و انخفاض قدرة تحويل المواد الأولية في الوحدات الإنتاجية و عدم توفر البنية التحتية اللازمة لنقل و توزيع الوقود في معظم مناطق العالم، إضافة إلى كون البرازيل المصدّر الوحيد تقريبا لهذه السلعة إلى الأسواق الدولية حيث تصدر حوالي 10% من إنتاجها مما يطرح مشكلة أمن الإمدادات التي تمثل أحد أهم مبررات التوسع في استخدام الوقود الحيوي إضافة إلى العوائق التجارية التي تحد من حجم التبادل كالرسوم الجمركية المفروضة على الواردات و الدعم المقدم للمنتج المحلي مما يعيق إنشاء قطاع لصناعة و تصدير الوقود الحيوي في الدول النامية المنتجة للمواد الأولية إضافة إلى المخاوف المتعلقة بمنافسة المحاصيل الغذائية على الأراضي الصالحة للزراعة التي يمكن أن تتحول إلى سلعة يعتمد ما تنتجه على ما هو أكثر ربحية عند تصديره إلى الأسواق الدولية.

2- أهم عوائق التجارة الدولية للوقود الحيوي: تتمثل أهم هذه العوائق في النقاط التالية:

أ) تنافسية الوقود الحيوي: يواجه الوقود الحيوي حاليا عدم القدرة على الاستجابة للتغيرات التي تحدث في أسعار النفط و المواد الأولية الزراعية مما يحد من تنافسيته التي تتوقف في ظل التكنولوجيا السائدة حاليا (تكنولوجيا الجيل الأول) على الأسعار النسبية للمدخلات من المواد الأولية الزراعية و النفط، إذ لا يمكن للوقود الحيوي أن يكون منافسا للوقود الأحفوري دون الاستفادة من الدعم حتى عند مستويات أسعار النفط العالية باستثناء الإيثانول البرازيلي المنتج من قصب السكر و الذي تعتبر تكاليف إنتاجه الأدنى بين الدول المنتجة للوقود الحيوي على نطاق واسع. و بالإضافة إلى عوائق تتعلق بنظم المزج، النقل و التوزيع.

[77] إبراهيم عبد الجليل، دبلوماسية الإيثانول، مجلة البيئة و التنمية، المجلد 12، عدد 109 أفريل 2007، المنشورات الثقافية، بيروت، 2007، ص 19

ب) النزعة الحمائية لدى المنتجين: تنزع حكومات الدول المنتجة للوقود الحيوي إلى دعم المنتجين المحليين عن طريق الإعفاءات الجبائية و الإعانات، و في ظل غياب معايير دولية متفق عليها دوليا لتسيير نظم دعم الوقود الحيوي نجد أن لكل دولة نظامها الخاص مما يجعل سوق الوقود الحيوي غير متجانس و يعيق التجارة الدولية في هذا المجال، فالرسوم الجمركية المرتفعة على واردات الوقود الحيوي المفروضة في كل من الولايات المتحدة الأمريكية ودول الاتحاد الأوروبي تحد من قدرة الدول النامية على زيادة الصادرات من الوقود الحيوي و يبقي عليها كدول مصدرة للمواد الأولية فقط و هو ما يخالف مبادئ نظام التجارة الدولية المتفق عليها في إطار المنظمة العالمية للتجارة والمتعلقة بعدم تمييز المنتج الوطني و مبدأ الدولة الأولى بالرعاية.

ج) تباين المواصفات و المعايير: يؤدي اختلاف المعايير التقنية و البيئية لإنتاج الوقود الحيوي إلى خلق صعوبات تواجه حرية التجارة الدولية لهذا المنتوج. فعلى سبيل المثال المعايير الأوروبية المتعلقة بإنتاج الديزل الحيوي التي تحدد مستويات قصوى لمحتوى الزيوت النباتية المستخدمة من اليود تؤدي إلى استبعاد أنواع الديزل المنتجة من زيت النخيل و الصوجا مقابل تفضيل زيت بذور اللفت الأكثر وفرة في أوروبا بحجة أنه الأكثر ملاءمة مناخيا. هذه المعايير تمثل إجراءا تمييزيا للمنتج المحلي و تقييدا لحرية التجارة من وجهة نظر بقية المنتجين.

د) غياب تصنيف دولي موحد: يمثل غياب تصنيف دولي متفق عليه للوقود الحيوي في إطار نظام تبادل متعدد الأطراف عاملا إضافيا يعيق التجارة الدولية للوقود الحيوي فالمعايير المتعلقة بالواردات تختلف من دولة لأخرى ومن غير الواضح حاليا ما إذا كانت أنواع الوقود الحيوي تعتبر منتجات زراعية أو صناعية، حيث نجد أن أنواع الوقود الحيوي المنتجة من القمح مثل الإيثانول تعتبر منتجات زراعية في نظام تصنيف المواد الأولية المعتمد من طرف المنظمة العالمية للجمارك مما يتيح للمزارعين الاستفادة من الإجراءات الحمائية، فيما يعتبر الديزل الحيوي منتجا صناعيا. و في ذات السياق تعمل البرازيل في إطار المفاوضات التجارية متعددة الأطراف على إدراج الوقود الحيوي ضمن المنتجات البيئية مما يمكن من تسريع رفع الحواجز الجمركية بالموازاة مع اقتراح للولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد الأوروبي يهدف إلى إلغاء الرسوم الجمركية على قائمة تتضمن 43 منتجا يصنفها البنك الدولي كمنتجات بيئية مثل الألواح الشمسية و معدات طاقة الرياح غير أنها لا تتضمن الوقود الحيوي.[78]

[78] http://www.euractiv.fr/commerce/biocarburants-commerce-et-durabi-linksdossier-188842
13 /10/2013

3- المبادلات التجارية للوقود الحيوي:

أ) أهمية الوقود الحيوي في سوق الوقود الدولية: تحقق العديد من الدول فائضا في إنتاجها من الوقود الحيوي مما يساهم في خلق سوق دولية لتبادل هذا المنتوج، فالدول المصدرة عموما هي دول تمتلك موارد وفيرة من المواد الأولية تمكنها من الإنتاج بصورة اقتصادية مثل البرازيل، إندونيسيا و الأرجنتين أو دول لديها سياسة جبائية محفزة على التصدير مثل الولايات المتحدة الأمريكية، فيما تمثل الدول المستوردة مجموعة الدول التي تضع أهدافا لزيادة حجم الاستهلاك لكن مواردها لا تكفي لبلوغ تلك الأهداف. و تعرف سوق الوقود الحيوي نموا مطردا بارتفاع حجم المبادلات و دخول أطراف جديدة كمصدرين أو مستوردين؛ غير أن المبادلات التجارية الدولية للوقود الحيوي تبقى محدودة في الوقت الحالي مقارنة بالوقود التقليدي، فقد بلغ حجم المبادلات الدولية سنة 2010 حوالي 5.2 مليون طن من الإيثانول ما يعادل 2.2 مليون طن مكافئ نفط و 2.6 مليون طن من الديزل الحيوي ما يعادل 2.3 مليون طن مكافئ نفط. و بالنظر إلى حجم الإنتاج من الحيوي نلاحظ أن الديزل الحيوي أكثر تداولا من الإيثانول بالقيمة النسبية حيث تم تداول 15.7% من الإنتاج العالمي من الديزل الحيوي مقابل 5% من الإيثانول و هي نسب ضعيفة إذا ما قارناها بتجارة النفط العالمية التي تتجاوز نصف الإنتاج العالمي و يعود ذلك بشكل أساسي إلى الحواجز التجارية و تحديد حصص الاستيراد لصالح المنتجين المحليين في الدول الصناعية التي يتزايد طلبها على الوقود الحيوي. و رغم النمو المستمر لسوق الوقود الحيوي فقد تأثر بالأزمة الاقتصادية العالمية و يظهر هذا التأثير في تراجع أسعار الإيثانول و الديزل الحيوي بحوالي 6% و 26% على التوالي سنة 2009 مقارنة بالأسعار القياسية لسنة 2008[79] مما أثر في تراجع هامش الربح و حجم الاستثمار في هذا القطاع، لتعود الأسعار إلى الارتفاع من جديد سنة 2010 تحت تأثير الإجراءات التحفيزية و التشريعات الملزمة المتخذة في عدة دول خاصة في الولايات المتحدة الأمريكية و البرازيل و الاتحاد الأوروبي، و تشير توقعات منظمة الزراعة و الأغذية و منظمة التعاون الاقتصادي و التنمية إلى استمرار ارتفاع الأسعار حتى نهاية العشرية الجارية لتستقر عند مستوى 54.4 دولار/ هل بالنسبة للإيثانول و 144 دولار/هل بالنسبة للديزل الحيوي[80]

ب) مبادلات الديزل الحيوي: يعتبر الاتحاد الأوروبي أكبر مستهلك و مستورد للديزل الحيوي في العالم بـ 82% من الواردات العالمية تتركز أساسا في كل من ألمانيا و إيطاليا، و بلغت واردات الاتحاد الأوروبي 2.1 مليون طن

[79] أنظر الجدول رقم 13 و الجدول رقم 14

[80] OECD & FAO, perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO, OECD publications, Paris 2010, p 41

سنة 2010 تتأتي من ثلاث مصادر أساسية هي الأرجنتين بـ 56% من الواردات الأوروبية و إندونيسيا بـ 24% إضافة إلى الولايات المتحدة الأمريكية.

أما فيما يتعلق بالصادرات تمثل الأرجنتين أكبر مصدر للديزل الحيوي عالميا بأكثر من نصف الصادرات العالمية حيث بلغت صادراتها 1.36 مليون طن، و تماشيا مع نمو الطلب العالمي و تطور القدرة الإنتاجية للأرجنتين تتوقع وزارة الزراعة الأمريكية إرتفاع صادرات الأرجنتين بـ 70% مقارنة بمستواها الحالي لتصل إلى 8 مليون طن بحلول سنة 2020 بفضل الحوافز الجبائية التي تحفز على تصدير زيت الصوجا في شكل منتوج مصنع بدلا من شكله الخام؛ و تتوجه الصادرات الأرجنتينية بصورة رئيسية إلى الاتحاد الأوروبي و أمريكا الشمالية. إضافة إلى الأرجنتين تبرز إندونيسيا كأهم مصدر في منطقة آسيا بمستوى صادرات بلغ 78% من إنتاجها الوطني المقدر بـ 600 مليون لتر متبوعة بماليزيا التي تصدر معظم إنتاجها البالغ 360 مليون لتر[81] و التي توجه إلى السوق الأوروبية. و تظهر الولايات المتحدة الأمريكية أيضا كمصدر للديزل الحيوي خصوصا بعد صدور تشريع سنة 2007 يتضمن منح قروض جبائية على كل لتر من الديزل الحيوي الممزوج بالديزل التقليدي مهما كانت الكمية، حيث بلغت الصادرات ما يقارب 50% من الإنتاج المحلي سنة 2007 بتصدير مزيج B99 إلى الاتحاد الأوروبي بسعر تنافسي مما دفع بهذا الأخير إلى فرض رسوم ضد الإغراق على واردات الديزل الممزوج بنسبة تتراوح بين 20% و99% الواردة من الولايات المتحدة الأمريكية.[82]

ج) مبادلات الإيثانول الحيوي: يهيمن الإيثانول البرازيلي على الصادرات العالمية من الإيثانول الحيوي لكونه الأكثر تنافسية حيث تعتبر البرازيل أكبر مصدر لوقود الإيثانول في العالم، و بلغت الصادرات البرازيلية إلى الأسواق الدولية حوالي 5.16 مليار لتر سنة 2008[83] و يتوقع أن تستمر الهيمنة البرازيلية على الأسواق الدولية مع استمرار كون السكر المادة الوسيطة الأقل تكلفة لإنتاج الإيثانول ليواصل الإنتاج نموه السريع و ترتفع الصادرات إلى حوالي 8.8 مليار لتر سنة 2017 لتستحوذ البرازيل بذلك على حوالي 85 % من الصادرات العالمية، هذه الهيمنة تجعل العديد من الدول المستوردة أو التي تخطط للاستيراد تتوجس من مشكلة تأمين مصادر أخرى لوارداتها من الإيثانول، خاصة مع تراجع دور الصين كمصدر صاف للإيثانول و توقع تحولها إلى مستورد بحلول سنة 2017 كما هو مبين في الجدول أدناه، وهو ما يعيد طرح مشكلة أمن الإمدادات من جديد.

[81] OECD & FAO, agricultural outlook 2008 – 2017 , OECD publications, Paris 2008, p 77-78
[82] IFP, Le point sur les biocarburants : progression des marchés nationaux et internationaux, Op Cit, 6
[83] http://www.bioenergy.checkbiotech.org/news/brazil_registers_record_high_ethanol_fuel_export consulté le: 06/11/2014

و تجدر الإشارة إلى أنه من الصعب غالبا التفرقة بين صادرات الإيثانول الحيوي كوقود للنقل و الصادرات لأغراض أخرى غير الوقود و التي تسجل ضمن نفس البند في التصريحات التجارية.

جدول رقم (2-16): تطور التجارة الدولية للإيثانول و توقعاتها 2009 – 2019

الوحدة: مليون غالون

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
الصـــــــادرات											
البرازيل	945	1124	1324	1430	1553	1736	2089	2599	3118	3660	4148
الصين	35	37	23	23	17	11	7	6			
الصادرات	**980**	**1161**	**1347**	**1453**	**1570**	**1747**	**2096**	**2605**	**3118**	**3660**	**4148**
الـــــواردات											
الولايات المتحدة	180	226	291	317	333	432	715	1166	1606	2131	2470
الاتحاد الأوروبي	279	315	373	407	457	491	517	546	581	613	655
كندا	171	194	220	236	253	266	277	281	290	297	308
باقي دول العالم	350	426	463	493	527	558	587	612	704	1529	445
الواردات	**980**	**1161**	**1347**	**1453**	**1570**	**1747**	**2096**	**2605**	**3118**	**3660**	**4148**

المصدر: دينا جلال، مرجع سابق، ص 43

المبحث الرابع: السياق العام لتنمية إنتاج و استخدام الوقود الحيوي

يمثل الاهتمام بتنمية إنتاج و استخدام الوقود الحيوي مرحلة جديدة من مراحل تطور المجتمع البشري الذي شهد التحول من الخشب إلى الفحم الحجري ثم النفط كمصدر رئيسي للطاقة، و يتجه حاليا إلى مصادر متعددة من الطاقات المتجددة في ظل ظروف اقتصادية و بيئية دافعة و سياسات مساندة لهذا التوجه وتنمية الاستثمار في هذا البديل الطاقوي. و بالمقابل تتظافر مجموعة من العوامل التي تعمل على كبح التوسع في إنتاج و استخدام الوقود الحيوي مما يزيد من حالة عدم التأكد التي تكتنف أوضاع الإنتاج و بالتالي اتجاهات النمو و التوسع في استخدام هذا الوقود.

المطلب الأول: الظروف الاقتصادية الدافعة لتنمية الوقود الحيوي

اتسمت السنوات الأخيرة بتوافر مجموعة من العوامل الاقتصادية التي دفعت العديد من الدول إلى التوجه نحو تطوير الوقود الحيوي كبديل للمشتقات النفطية نوضحها في ما يلي:

1- شراهة الاقتصاد العالمي للطاقة: رغم الجهود المبذولة منذ الصدمة النفطية الأولى لفك الارتباط بين النمو الاقتصادي و استهلاك الطاقة إلا أنه يتزايد بصورة مستمرة، فالطلب على العالمي على الطاقة الأولية ينمو بأكثر من 2.6% سنويا[84]، كما أن الطلب على النفط في الدول الصناعية ينمو بأكثر من 1% سنويا و بأكثر من 3% في بقية دول العالم، ما يمثل زيادة بحوالي 1 مليون برميل يوميا[85]، و تشير توقعات كل من وكالة الطاقة الدولية ووزارة الطاقة الأمريكية و الاتحاد الأوروبي إلى أن الطلب العالمي على الطاقة سيستمر في الارتفاع بمتوسط يتراوح بين 1.7 و 1.9% سنويا لتصل الزيادة في آفاق سنة 2030 إلى ما بين 60% و 75% مقارنة بمستوى الطلب في سنة 2000، حيث سيصل الطلب على النفط إلى حوالي 120 مليون برميل يوميا.[86]

و يعتبر كل من القطاع الصناعي و قطاع النقل أهم مستهلكين للطاقة، إذ تتوقع نفس المصادر السابقة أن يستحوذ قطاع النقل على ثلاثة أرباع الزيادة في الطلب على المنتجات النفطية خلال السنوات القادمة.

---

[84] BP statistical review of world energy 2013, Op. cit, p 40

[85] أوابك، تقرير الأمين العام السنوي الأربعون، الكويت، 2013، ص ص 36 – 39 وص 79

[86] Daniel Ballerini, les biocarburants : etat des lieux et perspectives de développement, Op. cit, p 6 et 7

2- تنامي التبعية الإستراتيجية للدول الصناعية تجاه النفط: تمثل التبعية الإستراتيجية للدول الصناعية تجاه النفط المنتج في دول الأوبك و منطقة الشرق الأوسط مصدر قلق لتلك الدول و أحد العوامل الدافعة لتنمية المصادر البديلة للطاقة، فنسبة التبعية تصل إلى 41% في الاقتصاد الأمريكي[87] و تتجاوز 50% في الاقتصاد الأوروبي و يمكن أن تصل إلى 70% في آفاق 2030 ، كما أن جزءا كبيرا من الواردات النفطية الأمريكية و الأوروبية يأتي من دول الأوبك التي تسيطر على 40% من المعروض النفطي عالميا مما يعمق من هذه التبعية في ظل محدودية قدرات أغلب المناطق خارج الأوبك فإن هذه الأخير ستبقى أهم اللاعبين في السوق النفطية بامتلاكها لأهم الاحتياطيات النفطية في العالم و التي تتركز في منطقة الشرق الأوسط و بصفة خاصة في الخليج العربي، حيث تسيطر هذه المنطقة على حوالي ثلاثة أرباع الحقول النفطية التي تقل تكلفة إنتاج البرميل فيها عن 5 دولار[88] والتي ستكون الأكثر قدرة على الاستجابة لنمو الطلب على المدى الطويل. ومن هنا يمكن أن يعمل الوقود الحيوي على تقليص الاعتماد على النفط خاصة في قطاع النقل الذي يعتمد على المشتقات النفطية بصورة شبه مطلقة ويستهلك حوالي خمس الاستهلاك العالمي من الطاقة الأولية.

3- تخفيض أعباء القطاع الزراعي: رغم أن الدوافع المعلنة لتنمية الوقود الحيوي تتمثل غالبا في هواجس أمن الإمدادات النفطية و المشاكل البيئية، إلا أن هناك عوامل هامة غير معلنة غالبا في الأسواق الناضجة، كما هو الحال في الرغبة في تخفيض أعباء القطاع الزراعي المرتبطة بفائض الإنتاج و الدعم الممنوح للمنتجين الزراعيين، وهو ما يؤثر في تنافسية هذا القطاع في ظل انفتاح الأسواق، حيث نجد مثلا أن 40% من نفقات الاتحاد الأوروبي تذهب إلى دعم القطاع الزراعي في إطار السياسة الزراعية الموحدة، التي عرفت إصلاحات سمحت بتشجيع إنتاج الوقود الحيوي الذي يمثل مدخلا للتخفيف من حدة الصراع التجاري بين الاتحاد الأوروبي و الولايات المتحدة الأمريكية المتعلق بالتجارة الدولية للسلع الزراعية الرئيسية و خاصة الغذائية كالحبوب و الزيوت و السكر التي تمثل المدخلات الأساسية لإنتاج الوقود الحيوي، فقد أجهد الدعم ميزانية كل منهما و أدى إلى ظهور عجز في الميزانية العامة و الميزان التجاري للولايات المتحدة الأمريكية خلال الثمانينيات من القرن الماضي، حيث بلغ الدعم المقدم في الولايات المتحدة الأمريكية 60 مليار دولار سنويا فيما بلغ 70 مليار دولار سنويا في الاتحاد الأوروبي.

---

[87] Renewable Fuels Association, ethanol industry outlook 2013, p 8

[88] Antoine Ayoub, **la sécurité des approvisionnements pétroliers après la guerre de l'Irak, MED énergie** N° 15, Alger 2005. p 8

من جهة أخرى في ظل ارتفاع أسعار الطاقة و الأسمدة و من أجل المحافظة تنافسية المنتجات الزراعية في الأسواق الدولية يستخدم إنتاج الوقود الحيوي كتثمين غير غذائي للمنتجات الزراعية الغذائية و كوسيلة لضبط الأسعار في حالة انخفاض أسعار السلع الزراعية الأساسية.

علاوة على ذلك توفر المنتجات الثانوية للوقود الحيوي ذات المحتوى البروتيني العالي و التي يتم تثمينها كأعلاف عاملا هاما في تخفيض واردات الاتحاد الأوروبي الذي يستورد حوالي 75% من احتياجاته من هذه المواد. حيث أن إنتاج 100 لتر من الإيثانول اعتمادا على القمح يعطي 100 كيلوغرام من النخالة الجافة التي تمثل بديلا عن طحين الذرة المستورد من الولايات المتحدة الأمريكية و البرازيل، كما أن إنتاج 100 لتر من الإيثانول اعتمادا على القمح يعطي 50 كيلوغرام من البقايا الجافة، و هو ما يعني تخفيض فاتورة الواردات الأوروبية من الأعلاف بصورة هامة.

4- التنمية المستدامة و مواجهة التغيرات المناخية: عرف الاهتمام بالمشاكل البيئية تطورا مطردا حيث تركز هذا الاهتمام بعد الحرب العالمية الثانية على العلاقات الكمية بين مقدار إتاحة الموارد الطبيعية والنمو الاقتصادي، فيما عرفت فترة الستينيات وأوائل السبعينيات الاهتمام بالطاقات الكامنة في ضوء حدود النمو وقدرة البيئة على امتصاص واستيعاب مختلف أشكال التلوث الناتج عن النمو وما عرف حينها بحدود النمو وهو التقرير الذي أصدره نادي روما والذي تنبأ بنضوب كثير من الموارد، وقد أعطت أزمة الطاقة حينها زخما لهذا التشاؤم، وقد تعزز الاتجاهان السابقان مع بداية الثمانينيات باتجاه ثالث تمثل في الاهتمام بالآثار المترتبة عن التغيرات البيئية الجارية مثل تآكل طبقة الأوزون والاحتباس الحراري وتأثيرها على إنتاج الغذاء وصحة الإنسان[89]، و بحلول النصف الثاني من الثمانينيات تزايد الاهتمام بقضايا البيئة العالمية، وبضرورة الحفاظ عليها لسلامة الجيل الحالي و الأجيال القادمة، وتركز الجدل حول ظاهرة الاحتباس الحراري والتغيرات المناخية، وتأثير احتراق مختلف أنواع الوقود الأحفوري في انبعاث وتركيز ثاني أكسيد الكربون ومساهمته في التغيير المناخي.[90] وقد أعطت قمة الأرض بجوهانسبرغ بعدا جديدا من خلال إيجاد ربط قوي بين الطاقة و البيئة و التنمية الاقتصادية. فالحصول على الطاقة التجارية يمثل شرطا ضروريا في عملية التنمية، إذ تمكن من توفير الخدمات الأساسية لسكان العالم ، الذين لا يزال أكثر من مليار و نصف المليار منهم يعيشون دون الحصول على خدمات الطاقة الحديثة، مما يجعلهم محرومين من

[89] محمد السيد عبد السلام ، **الأمن الغذائي للوطن العربي**، سلسلة عالم المعرفةعدد 230، المجلس الوطني للثقافة و الفنون و الآداب، الكويت 1998، ص ص 152- 154

[90] ماجد عبد الله المنيف، **الطاقة و البيئة وضرائب الكربون في الدول الصناعية**، النفط والتعاون العربي، مجلد 18، عدد 64، منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول، الكويت 1993، ص 15.

المتطلبات الأساسية للتنمية كالمياه الصالحة للشرب و الخدمات الصحية و التعليمية الملائمة، و يستعمل هؤلاء السكان مصادر طاقة تقليدية تساهم إلى حد كبير في تدهور الوسط المعيشي. و بالتالي فإن من أكبر تحديات العالم ضمان حصول المجتمعات الفقيرة في العالم على مصادر الطاقة اللازمة لتحقيق أهداف الألفية الإنمائية. في هذا الإطار يمتلك الوقود الحيوي مجموعة من المزايا التي تجعله البديل الملائم للمشتقات النفطية حيث يساهم في خفض انبعاث غازات الاحتباس الحراري و خفض التأثيرات الصحية باستخدامه كمضاف محل بعض المواد الضارة كالرصاص و مادة MTBE إضافة إلى تحسين كفاءة احتراق الوقود بما يقلل من حجم الإنبعاثات الملوثة لمختلف الأوساط الحيوية. علاوة على ذلك يمكن أن يساهم الوقود الحيوي في تحقيق هدف مزدوج يتمثل في الحد من بعض مشاكل البيئة و حماية الموارد الطبيعية خاصة الموارد الأساسية لإنتاج الغذاء و ذلك من خلال تطوير الجيل الثاني و الثالث حيث يتم إنتاجه من النفايات و المخلفات النباتية و الحيوانية و من الطحالب المائية أو من نباتات سريعة النمو و غير ذات قيمة غذائية.

المطلب الثاني: السياسات المساندة للتوسع في استخدام الوقود الحيوي

تتقاطع العديد من السياسات القطاعية في سياق دعم إنتاج و استخدام الوقود الحيوي، و تختلف أسباب تبني هذه السياسات، حيث يمكن التمييز بين أسباب اقتصادية تتمثل أساسا في ارتفاع أسعار النفط، و أسباب سياسية تتمثل في العمل على الحد من التبعية الطاقوية خاصة في الدول الصناعية، وأسباب بيئية تتعلق بالتغيرات المناخية، و الاحتباس الحراري، و علاوة على ذلك نجد أن تبني نهج التنمية المستدامة يمثل دفعا قويا لهذا التوجه، من خلال الحث على التوسع في استخدام الطاقات المتجددة و تكنولوجيات الوقود النظيف.

هذه السياسات تتمحور في مجملها حول محور أساسيين هما:[91]

أ- إحلال مصادر الطاقة الجديدة و المتجددة محل الطاقة الأحفورية، و بشكل خاص محل النفط.

ب- تخفيض استهلاك الطاقة و الانبعاثات الملوثة مع المحافظة على مستويات النمو الاقتصادي.

1- سياسة الطاقة: تتمثل أهم أبعاد سياسة الطاقة المؤثرة في توسع إنتاج الوقود الحيوي في:

[91] Antoine Ayoub,**la sécurité des approvisionnements pétroliers après la guerre de l'Irak, MED énergie** N° 15, Alger 2005, p 7

أ) سياسات تنويع المصادر الطاقوية: تعتمد هذه السياسات على تنويع تركيبة المزيج الطاقوي والتنويع الجغرافي لمصادر الامدادت بهدف الحد من التبعية للنفط و كذلك لمنطقة الشرق الأوسط حيث ينتج معظم النفط العالمي، و يعتبر تشجيع استخدام الوقود الحيوي أحد الخيارات المتاحة في هذا المجال خاصة بالنسبة للدول التي تمتلك مقومات زراعية هامة تسمح بالإنتاج الاقتصادي لهذا الوقود.

ب) سياسات تخفيض الإنبعاثات: تشمل هذه السياسات توليفة كبيرة من الإجراءات مثل تحسين مواصفات الوقود و إحلال الطاقات الجديدة في مختلف مجالات النشاط الاقتصادي و تطوير التكنولوجيات النظيفة و غيرها. و تعتبر هذه السياسات أحدث السياسات المتعلقة بالطاقة و قد لقيت دفعا قويا مع انعقاد قمة الأرض و صدور برتوكول كيوتو. كما تعتبر أهم مرتكزات التوسع في استخدام الوقود الحيوي في الولايات المتحدة الأمريكية و الاتحاد الأوروبي. غير أن الاعتماد على الوقود الحيوي لتحقيق الهدفين السابقين قد تعترضه صعوبات تتعلق بالتكاليف و التبعية الطاقوية كما هو الحال بالنسبة للإيثانول في الاتحاد الأوروبي الذي يعتبر غير تنافسي مقارنة بالوقود النفطي و الإيثانول المنتج في مناطق أخرى، ما يعني أن تخفيض التبعية النفطية للاتحاد الأوروبي ستجعل منه تابعا لعدد محدود من مصدري الإيثانول.

2- السياسة البيئية: ظهر منذ منتصف القرن العشرين في معظم الدول الصناعية وعي بالآثار البيئية الناجمة عن نمط الحياة الغربي المتسم بالاستهلاك الكثيف للموارد؛ هذا الوعي ترجم في انعقاد عدة مؤتمرات دولية حول قضايا البيئة و المناخ واعتماد سياسات لحماية البيئة تتمحور أهم أهدافها في التحكم في انبعاث غازات الاحتباس الحراري من المصادر البشرية للتخفيف من حدة التغيرات المناخية، و هي بذلك تمس مختلف أوجه النشاط الإنساني بما فيها إنتاج و استهلاك الطاقة، حيث أنها تؤثر بشكل مباشر على نوع المدخلات الطاقوية لمختلف النشاطات الاقتصادية عن طريق تحديد نسب انبعاث مختلف الملوثات.[92] و كذلك العمل على إحلال مصادر الطاقة النظيفة محل مصادر الطاقة الملوثة.

3- سياسة النقل: تؤثر سياسة النقل بصورة مباشرة في مزيج الطاقة خاصة و أن هذا القطاع يعتبر أكبر مستهلك للوقود و من أكثر القطاعات مساهمة في انبعاث غازات الاحتباس الحراري و الملوثات الأخرى، إذ يحتل المرتبة الثانية بعد قطاع الطاقة بحوالي 14% من إجمالي الانبعاثات غازات الاحتباس الحراري[93] عالميا لذلك تعمل

[92] Vera Bueller, **Politique climatique suisse: union sacrée pour sauver le climat**, ENVIRONNEMENT, N°2/2003, Berne 2003, p 19

[93] محمد مصطفي الخياط و ماجد كرم الدين محمود، الطاقة حاضر صعب و غد مرتقب، المؤتمر الموسع الرابع للاتحادات العربية النوعية المتخصصة حول الطاقة الآمنة و الأمن الغذائي العربي، مجلس الوحدة الاقتصادية العربية، القاهرة، 27 ماي 2008، ص 61

سياسات النقل في إطار التنمية المستدامة على خفض الانبعاثات من خلال التحول نحو أنواع الوقود المتجدد النظيف و الأقل تلويثا و التحفيز على استخدام وسائل النقل الجماعي لخفض استهلاك الوقود، و تحسين الكفاءة الطاقوية لمختلف أنظمة النقل التي تعتبر ضرورة بيئية و تحد تكنولوجي.

4- السياسة الزراعية: تمثل السياسة الزراعية أحد فروع السياسة الاقتصادية للدولة، التي تعمل على إحداث تغييرات نوعية في القطاع الزراعي تمس التركيب المحصولي، تقنيات الإنتاج و هيكل الصادرات الزراعية و غيرها؛ وتنبع أهمية هذه السياسة من كونها الوسيلة التي تعتمدها الحكومة لتحقيق أهداف التنمية الزراعية التي تتمثل أساسا في:[94]

تحقيق الكفاءة الإنتاجية في إطار الموارد المستخدمة، و يتضمن ذلك ترشيد استخدام الموارد و خفض الفاقد الاقتصادي من استخدامها أي اعتماد تكلفة الفرصة البديلة في توزيع هذه الموارد.

تحقيق توزيع مناسب للدخل يتسم بقدر من العدالة داخل القطاع الزراعي نفسه و بينه و بين القطاعات الاقتصادية الأخرى.

الاستغلال المستدام للموارد الزراعية بما يحول دون استنزافها و تدهورها.

و يمثل إنتاج المحاصيل الزراعية الغذائية و غير الغذائية الموجهة لإنتاج الوقود الحيوي مدخلا لتحقيق العديد من تلك الأهداف كاستغلال الموارد الزراعية بصورة أكثر ربحية، و يترجم ذلك باستغلال الأراضي في إنتاج المواد الأعلى عائد و توفير دخل أعلى للقطاع الزراعي و خلق نشاطات اقتصادية جديدة مرتبطة بإنتاج الوقود الحيوي، و إن كان ذلك يتم على حساب الدور الأساسي لهذا القطاع المتمثل في توفير الغذاء، إضافة إلى تعارضه مع هدف الاستدامة في كثير من الأحيان.

المطلب الثالث: عوامل كبح التوسع في إنتاج الوقود الحيوي

من أهم العوامل التي تعمل على كبح التوسع السريع في إنتاج الوقود الحيوي نجد العوامل التالية:

1- الاكتشافات النفطية الجديدة و موارد النفط غير التقليدية: تؤدي الاكتشافات النفطية الجديدة في مناطق مختلفة من العالم إلى رفع حجم الاحتياطيات النفطية المؤكدة، ما يعني زيادة العمر الافتراضي لهذه الاحتياطيات، هذا إلى جانب دخول الموارد النفطية غير التقليدية حيز الاستغلال في مناطق عديدة كالولايات المتحدة الأمريكية

[94] رقية خلف حمد الجبوري، السياسات الزراعية و أثرها في الأمن الغذائي في بعض البلدان العربية، مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت، 2012، ص ص 35- 36

و كندا ستؤثر في سياسات التوسع في استخدام مصادر الطاقة المتجددة و من بينها الوقود الحيوي الذي تتأثر جدوى التوسع في إنتاجه و استخدامه بحجم الإمدادات الإضافية من النفط التي تتيحها الاكتشافات الجديدة والموارد غير التقليدية. و من ناحية أخرى فإن التنسيق بين مصدري النفط و مستورديه للتحكم في الأسعار وعقلنتها لمصلحة الطرفين ستحد من قدرة الوقود الحيوي على منافسة النفط و بالتالي تضعف من قدرات التوسع في إنتاجه و استهلاكه.

2- الإحتكار الصيني لإنتاج و تصدير منتجات تقنيات الطاقة المتجددة: في الوقت الذي تتجه فيه العديد من الدول نحو خفض التبعية للنفط الذي يتم تصديره من أكثر من عشرين دولة في العالم عن طريق التوسع في استخدام مصادر الطاقة المتجددة، فإنها في الوقت ذاته تتجه نحو الوقوع في تبعية مرتبطة بالطاقات المتجددة التي تعتمد في الوقت الحاضر على مواد نادرة يتم إنتاجها و تصديرها بشكل شبه حصري من الصين التي تمثل المصدر الوحيد لعدد من الفلزات النادرة و التي تعتبر عناصر أساسية في صناعة معدات مصادر الطاقة البديلة كاللانثانيوم (Lanthanium) و النيوديميوم (Neodymium) و الديسبروسيوم (dysprosium) و عناصر أخرى تدخل في صناعة البطاريات العالية الكفاءة و السيارات الهجينة و الوسائط المستخدمة في المصافي و غيرها.[95]

و في الوقت الذي تعمل فيه الصين لتكون الرائد في صناعة معدات تقنيات الطاقة المتجددة و تهيمن على معظم التجارة الدولية في هذه المواد، فإنها تعمل على الحد من صادرات هذه المواد بحيث لا يمكن للسوق أن يحتفظ بأي احتياطي منها، و هو ما يعني استبدال التبعية لمصدري النفط المتعددين بالسيطرة الاحتكارية الصينية على سوق معدات الطاقات المتجددة و البحث عن صياغة جديدة لمفهوم الاستقلالية الطاقوية.

3- المضاربة في العقود المستقبلية للسلع الزراعية : يرى العديد من الخبراء أن إنتاج الوقود الحيوي ساهم في زيادة المضاربة في أسواق السلع الزراعية التي أدت إلى الارتفاع الكبير في أسعار السلع الزراعية خاصة في سنتي 2007 و 2008، مع انفجار فقاعة الرهن العقاري و انهيار التعامل بالأوراق المالية القائمة على الرهون العقارية، و توجه وكلاء المضاربة إلى المضاربة في عقود السلع الزراعية لتحقيق أرباح سريعة مما تسبب في زيادة كبيرة في حجم المبادلات التجارية و العقود لم تترافق مع زيادة في إنتاج هذه السلع و هو ما أدى إلى ارتفاع أسعار المواد الغذائية الأساسية، حيث ارتفع مؤشر أسعار الغذاء لمنظمة الأغذية و الزراعة العالمية (الفاو) بـ 71% خلال

[95] Robert Bryce, Power hungry : The myths of green energy and the real fuels of the future, نقلا عن تركي حسن الحمش، مجلة النفط و التعاون العربي، العدد 140، مرجع سابق، ص 210

سنتي 2007 و 2008[96] و هو الأمر الذي انعكس على تراجع مخزونات القمح و الذرة، وبالتالي ارتفاع تكاليف إنتاج الوقود الحيوي مما دفع أهم المنتجين إلى إعادة النظر في الأهداف المرسومة و التخفيض من مستويات الإنتاج و الاستهلاك المستهدفة و ترجم ذلك في تراجع حجم الاستثمارات الموجهة لهذا القطاع ابتداءا من سنة 2008.

جدول رقم (2-17): تطور حجم الاستثمارات العالمية في قطاع الوقود الحيوي 2004- 2013

الوحدة: مليار دولار

السنة	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
قيمة الاستثمار	3.7	9.2	27.6	29.3	19.2	10.4	8.9	9.4	6.6	4.9

Source: UNEP, Bloomberg new energy finance , global trends in renewable energy investment 2014, frankfurt, 2014, p 15

[96] والدمان بيلو و مارا بافيرا، حروب الغذاء، ترجمة إنصاف البابر، مجلة الثقافة العالمية، العدد 160، المجلس الوطني للثقافة و الفنون و الآداب، الكويت، 2011، ص 39

خلاصة الفصل:

تتزايد أهمية طاقة الكتلة الحيوية كمصدر متجدد للطاقة في الدول النامية و الدول المتقدمة على حد سواء تماشيا مع تنامي استخداماتها التجارية الحديثة و تطورها في مختلف المجالات، حيث تعتبر أكثر مصادر الطاقة المتجددة مساهمة في إجمالي الاستهلاك العالمي من الطاقة في الوقت الحالي و يتوقع تزايد مساهمتها في سياق التوجه العالمي لتنمية استخدام مصادر الطاقة المتجددة نظرا للاحتياطيات الكبيرة المتوفرة منها و تعدد مصادر إنتاجها.

في هذا السياق يأتي الوقود الحيوي السائل المتمثل أساسا في الإيثانول و الديزل الحيوي كبدائل متجددة للوقود النفطي في قطاع النقل، و يعتبر الوقود الحيوي أهم الأشكال الحديثة لطاقة الكتلة الحيوية، حيث يتم إنتاجه أساسا من الكتلة الحيوية النباتية انطلاقا من مجموعة من المحاصيل الزراعية الغذائية و غير الغذائية تشمل المحاصيل السكرية و النشوية و المحاصيل الزيتية.

وتأتي أهمية الوقود الحيوي من كونه يمثل البديل الفعلي للوقود النفطي في الوقت الحالي، حيث يعرف إنتاجه واستهلاكه نموا كبيرا في العديد من دول العالم و كذلك يتزايد حجم المبادلات الدولية من أنواع هذا الوقود، في إطار سياق دولي داعم للتوسع في تنمية استخدامه، و هو ما جعل أهم الدول المنتجة و على رأسها البرازيل تسعي لجعله سلعة دولية على غرار النفط و مشتقاته رغم تواضع مساهمته في إجمالي الوقود المستهلك في قطاع النقل عالميا، و عدم وجود اتفاق على تصنيفه كمنتوج طاقوي أو زراعي أو بيئي.

الفصل الثالث

تحليل وتقييم سياسات دعم إنتاج واستخدام الوقود الحيوي

تمهيد:

تأتي تنمية الوقود الحيوي في سياق الاستجابة للمتطلبات البيئية، الاقتصادية و الطاقوية للدول المنتجة، لذلك تعمل حكومات معظم هذه الدول على اتخاذ مختلف التدابير لرفع قدرة الوقود الحيوي على الحلول محل الوقود النفطي و تحقيق النجاح الاقتصادي في إنتاجه و الذي يرتبط ارتباطا وثيقا بسياسات دعم الإنتاج و الاستهلاك في العديد من المناطق، إذ يواجه الوقود الحيوي بشكل عام ضعفا في منافسة الوقود الأحفوري تحت تأثير العديد من العوامل كتقلبات أسعار النفط و المواد الأولية الزراعية و خصائصها.

لمواجهة هذا الضعف تم اعتماد و تنفيذ العديد من الإجراءات لدعم جانبي العرض و الطلب على الوقود الحيوي بغرض تحقيق الأهداف المرسومة، من خلال برامج الدعم العمومي التي شملت مختلف مفاصل عملية الإنتاج والاستهلاك. هذه السياسات خلفت آثار و انعكاسات جعلت جدواها محل انتقادات كثيرة.

في هذا الفصل ناقشنا أهم الإجراءات التي تضمنتها سياسات دعم إنتاج و استخدام الوقود الحيوي في أهم مناطق الإنتاج، ثم تعرضنا إلى تكاليف هذه السياسات و مدى فعاليتها في تحقيق أهدافها على مستوى الاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة الأمريكية باعتبارهما أكبر سوقين للوقود الحيوي بنوعيه الرئيسيين عالميا، و من ثم التعرض لمدى قدرة هذا الوقود على منافسة الوقود النفطي اقتصاديا، تقنيا و بيئيا.

المبحث الأول: سياسات دعم إنتاج و استخدام الوقود الحيوي:

يكتسي إنتاج الوقود الحيوي أهمية كبيرة لقطاعي الزراعة و الطاقة لدى أهم المنتجين و المستهلكين، و بصورة خاصة الإيثانول الذي أضحت صناعته مسرحا لسياسات الحماية المنتهجة من طرف العديد من الحكومات لدعم المنتوج المحلي من جهة و الرفع من قدرته على منافسة المشتقات النفطية من جهة أخرى.

وفي ظل التذبذب الذي تعرفه أسعار النفط، التي تظل في الوقت الحالي في غير صالح الوقود الحيوي الذي يواجه صعوبات في منافسة الوقود الأحفوري تجاريا، تتبنى العديد من البلدان إجراءات متعددة لتشجيع إنتاج و استخدام الوقود الحيوي و تمكينه من المنافسة و الحلول تدريجيا محل الوقود الأحفوري.

المطلب الأول: إجراءات دعم الوقود الحيوي

يستفيد إنتاج الوقود الحيوي من إجراءات دعم متعددة في مختلف مراحل إنتاجه نظرا لعدة اعتبارات بينها في ما يلي:

1- مبررات سياسات دعم إنتاج الوقود الحيوي: تساق العديد من المبررات لدعم إنتاج و استخدام الوقود الحيوي في مختلف البلدان المنتجة و المستهلكة لهذا الوقود، و من أهم هذه المبررات نجد:

أ) دعم الصناعات الناشئة: يعتبر قطاع إنتاج الوقود الحيوي من القطاعات الإنتاجية الناشئة في العديد من بلدان العالم التي بدأ معظمها في الاهتمام بهذا القطاع مع نهاية القرن الماضي، باستثناء البرازيل التي تمتلك قطاعا إنتاجيا ناضجا تعود بدايته إلى منتصف السبعينيات من القرن العشرين؛ و للتغلب على التكاليف الأولية لتطوير هذا القطاع و دعم الابتكار التكنولوجي و تنمية أسواقه، تقدم الحكومات أشكال متنوعة من الدعم لإنتاج الوقود الحيوي الذي يعد مكلفا جدا في كثير من مناطق إنتاجه و يتعذر عليه منافسة الوقود النفطي في ظل التكنولوجيا السائدة حاليا للجيل الأول، و حاجة الجيل الثاني و الجيل الثالث للمزيد من البحث و التطوير للوصول إلى الإنتاج بشكل اقتصادي من هذين الجيلين.[1]

ب) ارتفاع العوائد الاجتماعية: يرتبط هذا المبرر بالعوائد و التكاليف الاجتماعية لمعالجة الآثار الخارجية السلبية و الإيجابية لمختلف النشاطات الاقتصادية و استدخال التكاليف الخارجية، و في هذا الإطار قد يكون لقطاع

[1] أنظر: منظمة الأغذية والزراعة، حالة الأغذية و الزراعة 2008، مرجع سابق، ص26

الوقود الحيوي عوائد اجتماعية تفوق التكاليف الاقتصادية الخاصة من خلال التخفيض من حجم انبعاث غازات الاحتباس الحراري و الملوثات الناجمة عن استخدام الوقود الأحفوري، و المكاسب المحققة من زيادة أمن إمدادات الطاقة و خفض فاتورة الواردات من المشتقات النفطية لقطاع النقل، إضافة إلى الآثار الاجتماعية المباشرة التي تتعلق بتنمية المناطق الريفية وخلق مناصب شغل جديدة و إعادة توزيع الدخل لفائدة القطاع الزراعي، ووسيلة لمكافحة الفقر و الجوع في العالم حسب منظمة الأمم المتحدة للأغذية و الزراعة التي أوردت في تقرير الدورة التاسعة عشرة للجنة الزراعة المنعقدة بروما ما بين 13 و 16 أفريل 2005 أن مصادر الطاقة الحيوية تعتبر أداة لتنويع الأنشطة الزراعية التي تمكن من تحسين وضعية الأمن الغذائي للفئات الأكثر فقرا و تشجيع صغار الفلاحين على زراعة بعض المنتجات كالبنجر و قصب السكر و زيت النخيل التي تستخدم في صناعة الوقود الحيوي.[2]

2 – مستويات دعم إنتاج الوقود الحيوي: يستفيد الوقود الحيوي من إجراءات دعم متعددة تشمل كافة مراحل الإنتاج، التوزيع و الاستهلاك

أ) دعم إنتاج الكتلة الحيوية: يمثل القطاع الزراعي الحلقة الأولى في سلسلة إنتاج الوقود الحيوي، و يستفيد هذا القطاع من دعم حكومي في معظم دول العالم بصورة تقليدية، إضافة إلى إجراءات الدعم المستحدثة في إطار تنمية الوقود الحيوي و التي تهدف إلى خفض تكاليف إنتاج المواد الأولية الموجهة لإنتاج الوقود الحيوي و تتمثل في منح دعم مباشر لمنتجي الكتلة الحيوية المستخدمة في إنتاج الوقود الحيوي على أساس الوحدة المنتجة، مثل دعم الزراعات الطاقوية (ACE) الذي تم استحداثه سنة 2003 في إطار إصلاح السياسة الزراعية المشتركة في الاتحاد الأوروبي، و الذي يقضي بمنح 45 يورو لكل هكتار بهدف تشجيع المزارعين التوجه نحو الزراعات الموجهة لاستخدامات صناعية و غير غذائية و على رأسها الزراعات الطاقوية، و إجراء آخر يتمثل في التحفيز على استغلال الأراضي غير المستغلة في إطار سياسة (التبوير) في الزراعات الطاقوية.[3]

إضافة إلى الدعم المباشر يستفيد المنتجون من دعم غير مباشر يتمثل في دعم المدخلات المستخدمة في الإنتاج الزراعي و يشمل دعم الأسمدة، أعلاف المواشي، الوقود، المياه، الكهرباء، النقل و التأمينات.

[2] نفس المرجع السابق، ص ص 27- 28

[3] Loic GUINDE et autres, Impact du développement des biocarburants sur la production française de grandes cultures, revue d'études en agriculture et environnement, n° 89, 2008, p 59

ب) دعم تحويل الكتلة الحيوية الزراعية: تعتبر تكاليف الاستثمار الأولية لتحويل المنتجات الزراعية إلى وقود متجدد عالية مقارنة بتكاليف تحويل الوقود الأحفوري، لذلك تلجأ السلطات العمومية في الدول المنتجة إلى خفض تكاليف الإنشاء التي يتحملها المنتجون الذين يستثمرون في إنشاء البنية التحتية لإنتاج الوقود الحيوي عن طريق دعم رأس المال و ذلك بتمويل جزء من التكاليف الاستثمارية التي يتحملها المنتج إضافة إلى منح ضمانات قروض كما هو معمول به في الولايات المتحدة الأمريكية لفائدة منتجي الإيثانول بموجب قانون الأمن الطاقوي لسنة 1980، إضافة إلى نظام خفض الاهتلاك الذي يسمح للمؤسسات بخفض أرباحها الخاضعة للضريبة التي تمثل أحد أهم بنود التكاليف، كما يمكن أن يأخذ دعم إنتاج الوقود الحيوي شكل قيمة نسبية حسب الكميات المنتجة تمنح للمنتجين في شكل إعانة مباشرة على كل وحدة منتجة على مستوى المنبع أو قرض ضريبي لفائدة المنتجين في المصب. إضافة إلى ذلك تعمل معظم حكومات الدول المنتجة للوقود الحيوي على حماية الإنتاج المحلي ضد المنافسة الأجنبية بفرض رسوم جمركية على الوقود المستورد، و قيود أخرى غير جمركية كالمعايير البيئية.

ج) دعم الاستهلاك: بالتوازي مع الإجراءات المتعلقة بتحفيز جانب العرض، يتم اتخاذ إجراءات مشابهة لتحفيز الطلب عبر تخفيض تكاليف التوزيع و الاستهلاك من خلال عدة إجراءات، مثل الإعفاءات الضريبية، دعم الأسعار و تحديد حصص الاستهلاك و نسب دنيا للمزج الإجباري للوقود الحيوي مع الوقود التقليدي، إضافة إلى الدعم المقدم لحيازة المركبات العاملة بالوقود الحيوي.

د) دعم البحث و التطوير: تتبنى أغلب الدول المنتجة للوقود الحيوي برامج دعم عمومي لأنشطة البحث والتطوير في مختلف المجالات المرتبطة بالوقود الحيوي (أبحاث زراعية، طاقوية، هندسية، بيوتكنولوجية ....) و عبر مختلف مراحل الإنتاج، و الملاحظ أن هذا الدعم يتوجه بصورة متزايدة نحو تطوير الوقود الحيوي من الجيل الثاني، خاصة الإيثانول السليلوزي في أهم البلدان المنتجة كما هو الحال بالنسبة للبرنامج الكندي للابتكار في مجال المنتجات الحيوية الزراعية الذي انطلق في سنة 2007 بمخصصات مالية تقدر بـ 145 مليون دولار كندي، والبرنامج الأوروبي للبحث و التطوير التكنولوجي الذي يتضمن البحث في مجال تطوير استخدام الكتلة الحيوية لإنتاج الوقود الحيوي من الجيل الثاني بمخصصات تبلغ 68 مليون أورو، و كذلك البرنامج الأمريكي للوقود الحيوي الذي تم إطلاقه في سنة 2006 لدعم البحث حول الإيثانول السيليلوزي باستخدام الكتلة الحيوية غير الغذائية، بمخصصات تصل إلى 150 مليون دولار سنويا.[4]

[4]OCDE et forum international des transports, Biocarburants :lier les politiques de soutien aux bilans énergétiques et environnementaux, éditions OCDE, Paris, 2008, p 115

المطلب الثاني: وسائل دعم إنتاج و استخدام الوقود الحيوي

يأخذ دعم الوقود الحيوي أشكالا متعددة يتمثل أهمها في ما يلي:

1- الحوافز الضريبية: تستخدم الحوافز الضريبية كوسيلة لتحفيز الطلب على الوقود الحيوي، و تعتبر من أهم الأدوات المالية الأكثر استخداما و التي يمكن أن تؤثر تأثيرا كبيرا في تنافسية الوقود الحيوي، و تتنوع هذه الحوافز بين إعفاءات جزئية و إعفاءات كلية و تخفيضات للرسوم المفروضة على وقود النقل، تمنح للمنتجين، الموزعين والمستهلكين؛ و الملاحظ أن هذه الإجراءات لها تأثير مباشر على الميزانية العامة للدولة في شكل نفقات إضافية أو انخفاض في حصيلة العوائد الجبائية.

و كانت الولايات المتحدة الأمريكية من أوائل الدول التي استخدمت الحوافز الضريبية لدعم الوقود الحيوي بموجب قانون الطاقة الصادر سنة 1978 الذي قرر إعفاء كليا لمزيج الوقود و الكحول من ضريبة البنزين، كما تضمن قانون توفير فرص العمل لسنة 2004 منح قرض ضريبي خاص بضريبة الدخل للمنتجين يستفيد منه القائمون بمزج الإيثانول و موزعو التجزئة و تم توسيع نطاقه ليشمل منتجي الديزل الحيوي[5].

في نفس الإطار تقدم دول الاتحاد الأوروبي حوافز ضريبية للوقود الحيوي بموجب التعليمة (2003/30/EC) المتعلقة بترقية الوقود الحيوي و التعليمة (2003/96/EC) المتعلقة بضرائب الطاقة، التي سمحت للدول الأعضاء بتقديم تخفيضات و إعفاءات جبائية لتشجيع استخدام الوقود الحيوي، حيث قررت العديد من الدول إعفاء كلي و جزئي بنسب مختلفة من الرسم الداخلي على الاستهلاك بهدف تعويض التكلفة المرتفعة لإنتاج الوقود الحيوي مقارنة بالوقود التقليدي، و كذلك الإعفاء من الرسم العام على النشاطات الملوثة المطبق على وقود النقل.[6]

2- التعريفات الجمركية: تفرض الرسوم الجمركية على الواردات من الوقود الحيوي بشكل واسع في معظم الدول المنتجة للوقود الحيوي لحماية الزراعة و دعم الأسعار المحلية و الصناعة المحلية غير التنافسية ضد منافسة المنتوج الأجنبي الأقل تكلفة، مما يؤدي إلى رفع سعره في السوق المحلي و بالتالي يحد من الطلب عليه.

فأغلب الدول المنتجة للإيثانول تفرض على الإيثانول المستورد رسوما تزيد من تكلفته بـ 20% على الأقل استنادا إلى مبدأ الدولة الأولى بالرعاية[7] مع وجود بعض الاستثناءات في إطار الاتفاقيات التجارية الثنائية أو متعددة الأطراف كما هو مبين في الجدول أدناه.

---

[5] منظمة الزراعة و الأغذية، حالة الأغذية و الزراعة 2008، مرجع سابق، ص 30

[6] Loic GUINE, op cit, p 59-60

[7] OCDE et forum international des transports, Op cit, p 106

إضافة إلى الرسوم الجمركية تستخدم العديد من الدول قيود غير تعريفية في إطار حماية المنتوج المحلي، تتمثل أساسا في معايير النوعية المتعلقة بمواصفات الوقود و المعايير البيئية التي تتعلق بالآثار البيئية لإنتاج و استخدام الوقود الحيوي.

جدول رقم(3-1): التعريفة الجمركية المطبقة على الإيثانول في بعض الدول المنتجة 2007

	تعريفة الدولة الأولى بالرعاية المطبقة بالعملة المحلية	تعريفة الوحدة (أورو للتر)	الإستثناءات
أستراليا	38.143 + %5 دولار أسترالي\لتر	0.258	الولايات المتحدة الأمريكية و نيوزيلندا
كندا	0.0492دولار كندي\لتر	0.034	أطراف اتفاقية التبادل الحر
سويسرا	35فرنك سويسري\100كغ	0.168	الإتحاد الأوروبي و نظام الأفضليات المعمم
الولايات المتحدة الأمريكية	0.51 + %2.5 دولار أمريكي\ غالون	0.110	أطراف اتفاقية التبادل الحر و شركاء مبادرة حوض الكاريبي
الإتحاد الأوروبي	19.2 أورو\100 لتر	0.192	أطراف اتفاقية التجارة الحرة الأوروبية ونظام الأفضليات المعمم.

Source: OCDE et forum international des transports, Biocarburants :lier les politiques de soutien aux bilans énergétiques et environnementaux, éditions OCDE, Paris, 2008, p 106

3- الأهداف الكمية: بالإضافة إلى وسائل الدعم المالية للوقود الحيوي تلجأ العديد من الدول إلى استخدام أدوات كمية مكملة تتمثل أهمها في تحديد نسب مزج الوقود الحيوي مع الوقود التقليدي كأهداف يتم تحقيقها تدريجيا بصورة طوعية على مدى زمني محدد أو كحصص إجبارية، و تحديد كمية الإنتاج المستهدف و رفع مساهمة الوقود الحيوي في إجمالي الطاقة المنتجة أو المستخدمة محليا و زيادة نسب الإحلال محل المشتقات النفطية المستوردة، وصولا إلى الإحلال الكلي للوقود الحيوي محل المنتجات النفطية في المدى الطويل. و تتميز هذه الإجراءات بكونها محايدة جبائيا، فهي لا تؤثر في الميزانية العامة للدولة و لكنها تنقل عبئ التكاليف المرتفعة لإنتاج الوقود الحيوي إلى المستهلك النهائي الذي يمكن أن يتخلى عن استهلاك هذا الوقود إذا لم تكن هناك إجراءات أخرى مكملة.

بالإضافة إلى الأهداف الكمية المباشرة هناك أدوات كمية تتصل بها كما هو الشأن في زيادة أعداد سيارات الوقود المرن، حيث قررت الحكومة الفرنسية رفع نسبة هذه السيارات من الحيازات الجديدة بنسبة 15% في سنة

2007 ثم ترتفع إلى 30% ابتداءا من سنة 2008، و بالمقابل يلتزم موزعو الوقود بفتح مابين 500 و 600 محطة لتوزيع مزيج الإيثانول E85 و مضاعفة أعداد هذه المحطات بثلاثة أضعاف ابتداءا من سنة 2008.[8]

4- الإعانات: تعتبر الإعانات من أهم وسائل سياسات دعم الوقود الحيوي في الدول التي تشجع استخدام الوقود الحيوي من خلال تقديم إعانات مباشرة للمزارعين لإنتاج المواد الأولية الزراعية، و إعانات للاستثمار في البنية التحتية لإنتاج و تخزين و نقل و استخدام الوقود الحيوي، يوجه في معظمه نحو الإيثانول الذي يتطلب إنتاجه استثمارات كبيرة. إضافة إلى أنواع أخرى من الإعانات كالقروض الميسرة وضمانات القروض و دعم شراء سيارات الوقود المرن و غيرها.

المطلب الثالث: سياسات دعم الوقود الحيوي في الأسواق الناضجة

يعرف إنتاج الوقود الحيوي دعما قويا خاصة في الولايات المتحدة الأمريكية و الاتحاد الأوروبي و ذلك من خلال العديد من الإجراءات التحفيزية و الحمائية على مستوى العرض و الطلب.

1- سياسة الدعم في البرازيل: تمتلك البرازيل تجربة رائدة في إنتاج الوقود الحيوي، بفضل سياسة تعود إلى سبعينيات القرن الماضي و التي تضمنت العديد من الحوافز لتشجيع إنتاج و استهلاك هذا الوقود، يتمثل أهمها في العناصر الآتية:

أ) سياسة دعم الإيثانول:

- الأهداف الكمية: تمتلك البرازيل تجربة طويلة في مجال إنتاج و استخدام الوقود الحيوي، من خلال إطلاق برنامج وطني يهدف إلى الرفع من مستوى أمن الطاقة باستخدام الإيثانول كبديل للوقود النفطي و خفض قيمة الواردات النفطية بالعملة الصعبة في أعقاب الصدمة النفطية الأولى؛ و قد تضمن هذا البرنامج إجراءات تحفيزية مختلفة من أهمها تحديد نسبة مزج الإيثانول مع البنزين بـ 22% و دعم سعر الإيثانول ليكون أقل من سعر البنزين بـ 25% و خفض الضرائب على السيارات التي تستخدم الإيثانول الصرف بـ 3%.[9]

[8] Laurent ANZALONE, Etat des biocarburants en Belgique et propositions ValBiom, Wallonne, 2014, p 19
[9] International Energy Agency, sustainable production of second generation biofuels : potential and perspectives in major economies and developing countries, IEA publications, Paris, 2010, p 99

غير أنه ابتداءا من منتصف الثمانينيات مع الانخفاض الكبير في أسعار النفط تراجعت تنافسية الإيثانول البرازيلي مقابل البنزين مما أدى إلى توقف برنامج تنمية الإيثانول؛ و من أجل تفادي انهيار قطاع الإيثانول قررت الحكومة البرازيلية في سنة 1993 فرض المزج الإجباري للإيثانول مع البنزين بنسبة 22%.

و ابتداءا من سنة 1996 شرعت البرازيل في إصلاح الأدوات الاقتصادية لسياسة دعم الإيثانول، حيث تمت مراجعة السياسة الاقتصادية لدعم هذا الأخير بين سنتي 1997 و 1999 وبدأ التوجه نحو تحرير السوق والتخلي عن الاحتكار العمومي لهذا السوق من خلال شركة بتروبراس التي تمتلكها الدولة، و وضع حد لسياسة دعم الأسعار بعد التدهور الذي شهدته السوق المحلية بين سنتي 1989 و 1996 بسبب التوجه نحو إنتاج السكر الذي عرفت أسعاره ارتفاعا في الأسواق الدولية خلال تلك الفترة. و تتمثل أهم الإجراءات في هذا المجال في ما يلي:[10]

- إلغاء الدعم الخاص بشراء السيارات العاملة بوقود الإيثانول الصرف؛
- إلغاء دعم الأسعار ابتداءا من سنة 1997 بالنسبة للإيثانول الصرف (E100) و تمديد الدعم بالنسبة للإيثانول الممزوج لمدة سنتين مع تخلي الدولة عن دعم صناعة الإيثانول؛
- تحديد نسب مزج الإيثانول مع البنزين من طرف الحكومة ما بين 20% و 25%؛
- إعفاء ضريبي شبه كلي لمبيعات الإيثانول من ضرائب وقود النقل.

لكن بالرغم من الشروع في تحرير سوق الإيثانول يبقى دور الدولة بارزا ، و ذلك من خلال الحفاظ على دور الدولة في تحديد نسب مزج الإيثانول و البنزين و إدارة العرض والطلب للمخزونات الاستراتيجية من الإيثانول.

انعكست سياسة تحرير الأسعار في صناعة الإيثانول و اعتماد آليات السوق بشكل إيجابي على هذه الصناعة في البرازيل، حيث شهدت انتعاشا كبيرا منذ سنة 2002 بارتفاع حجم الاستثمار في هذا القطاع ضمن إجمالي الاستثمار في الطاقات المتجددة من 0.6 مليار دولار في سنة 2004 إلى 12.2 مليار دولار في سنة 2008[11]، أي أكثر من 20 ضعفا خلال أربع سنوات.

و في سنة 2003 و بهدف إنعاش الطلب على الإيثانول قررت الحكومة البرازيلية رفع نسبة المزج إلى 25% بدلا من التأرجح بين 20 و 25% حسب ظروف السوق، و خلال نفس السنة تم إطلاق برنامج لتنمية استخدام سيارات الوقود المرن التي تعطي حرية كبيرة للمستهلك في استخدام البنزين أو الإيثانول الممزوج إلى مستويات

[10] International Energy Agency, from 1st to 2nd generation biofuel tehnologies : *an overview of current industry and RD&D activities*, IEA publications, Paris, 2008, p 114
[11] UNEP, Op cit, p 15

عالية، و قد بلغ حجم المبيعات من هذا النوع من السيارات 83% من إجمالي مبيعات السيارات في سنة 2006 في السوق المحلية.

- **الحوافز الضريبية:** و ابتداءا من سنة 2004 استفاد الإيثانول من إجراءات دعم عمومي لتشجيع الاستهلاك من خلال الحوافز الضريبية التي قررتها الحكومة الفدرالية البرازيلية و الحكومات الإقليمية، حيث تم تخفيض ضريبة الوقود الفدرالية المفروضة على البنزين بقيمة 0.26 دولار للتر إلى 0.001 دولار للتر بالنسبة للإيثانول، كما تم تخفيض الرسم على القيمة المضافة للوقود المفروض من طرف الحكومات الإقليمية لفائدة الإيثانول في بعض الولايات، أهمها ولاية ساو باولو أهم منطقة لإنتاج الإيثانول في البرازيل التي فرضت رسم القيمة المضافة على الإيثانول بنسبة 22% مقابل 47% على البنزين، كما تفرض حكومة ريو ديجانيرو رسم القيمة المضافة على الإيثانول بنسبة 36% مقابل 50% على البنزين.

- **الإعانات المالية:** على صعيد آخر و نظرا للتنافسية التي اكتسبها الإيثانول البرازيلي و التي مكنت الحكومة البرازيلية من تجاوز الدعم المباشر للقطاع، فإن هذه الأخيرة تعمل على دعم هذا القطاع بشكل غير مباشر في صورة تسهيلات تمويلية لقطاع إنتاج المواد الأولية و تحويلها، ففي سنة 2011 تم تخصيص ما بين 19 و 22 مليار دولار لتمويل التوسع في قطاع قصب السكر إلى غاية سنة 2014 عن طريق البنك العمومي للحكومة البرازيلية (BNDES).

- **دعم الصادرات:** حافظت البرازيل على مكانتها كأول مصدر للإيثانول عالميا رغم التراجع الملحوظ للإنتاج في سنة 2009 بسبب الظروف المناخية التي أثرت على إنتاج قصب السكر. و في سنة 2010 قررت الحكومة البرازيلية إلغاء الرسوم الجمركية على صادرات الإيثانول المقدرة بـ 20% ، هذا الإجراء قابلته الحكومة الأمريكية برفع الحواجز الجمركية أمام الإيثانول البرازيلي.

ب) سياسة دعم الديزل الحيوي:

- **الأهداف الكمية:** على العكس من صناعة الإيثانول التي تعتبر تنافسية، فإن صناعة الديزل الحيوي لا تزال صناعة ناشئة في البرازيل وتستفيد من إجراءات دعم مختلفة لجعلها قادرة على المنافسة، حيث شرعت الحكومة البرازيلية منذ سنة 2005 في تنفيذ البرنامج الوطني لإنتاج و استخدام الديزل الحيوي، و في إطار هذا البرنامج تم سن قانون زيت الديزل الحيوي الذي حدد الحد الأدنى للمزج بـ 2% ابتداءا من سنة 2008 على أن ترتفع هذه

النسبة تدريجيا لتصل إلى 5% ابتداءا من سنة 2013.[12] كما تم اعتماد نظام ضمان الشراء عبر وكالة النفط الوطنية التي تقوم بشراء الديزل الحيوي بأسعار تحفيزية.

- **الحوافز الضريبية:** علاوة على الإجراءات السابقة فقد تم إنشاء نظام حوافز ضريبية تمنح على أساس طبيعة المواد الأولية المستخدمة في إنتاج الديزل الحيوي و مصدرها، حيث يجب أن يكون جزء من هذه المواد على الأقل منتج في مزارع أسرية صغيرة، ليستفيد منتجو الديزل الحيوي في إطار برنامج العقد الاجتماعي للوقود من تخفيضات في ضريبة الدخل الاتحادية بنسب تتراوح بين 73% و 100%، و كذلك إمكانية الحصول على تمويل ميسر من بنك التنمية البرازيلي.

هذا البرنامج كان له أثر إيجابي على صناعة الديزل الحيوي في البرازيل، حيث أصبحت رابع منتج عالميا سنة 2009 بإنتاج 1.535 مليار لتر ما يعادل 9 % من الإنتاج العالمي بعد أن كان الإنتاج معدوما في سنة 2005.[13]

2- سياسة الدعم في الولايات المتحدة الأمريكية: عملت الحكومة الأمريكية منذ السبعينيات على وضع مجموعة من الإجراءات التحفيزية لدعم صناعة الوقود الحيوي المحلية (الإيثانول بصورة خاصة) و جعلها قادرة على المنافسة باستخدام مختلف وسائل الدعم.

- **الحوافز الضريبية:** بدأت الحكومة الأمريكية باستخدام الحوافز الضريبية بصدور قانون ضريبة الطاقة في سنة 1978 الذي ينص على إعفاء مزيج البنزين و الإيثانول من ضريبة البنزين المقدرة بـ 4 سنتات للغالون، و في ذات السياق أدخل قانون توفير فرص العمل الصادر سنة 2004 القرض الضريبي الحجمي للإيثانول لفائدة الموزعين بقيمة 51 سنتا للغالون حسب كمية الإيثانول المستخدمة، وقد تم تمديد هذا القرض الضريبي بواسطة قانون سياسة الطاقة الصادر سنة 2005 ليشمل زيت الديزل الحيوي بقيمة 1 دولار للغالون لزيت الديزل المنتج من مواد أولية زراعية و 50 سنتا للديزل المنتج من الزيوت المستعملة،[14] كما تستفيد وحدات إنتاج الوقود الحيوي

[12] منظمة الأغذية و الزراعة، حالة الأغذية و الزراعة 2008، مرجع سابق، ص 25
[13] IEA, Sustainable production of seconde generation biofuels, Op cit. p 98
[14] OCDE et forum international des transports, Op cit, p 107

بنوعيه التي تقل طاقتها الإنتاجية عن 60 مليون غالون سنويا من خفض الضرائب لأول 15 مليون غالون منتجة بـ 10 سنتات لكل غالون إلى غاية نهاية سنة 2010.[15]

وقد تم تعديل القرض الضريبي الحجمي للإيثانول في قانون المزارع لسنة 2008 بتخفيضه من 51 سنتا إلى 45 سنت للغالون بالنسبة للإيثانول المنتج من الذرة، فيما استحدث قرض ضريبي جديد بقيمة 1.01 دولار لكل غالون من الإيثانول السيليلوزي.[16]

و علاوة على الحوافز الضريبية الفدرالية تدعم العديد من حكومات الولايات الأمريكية الإنتاج المحلي للوقود الحيوي تتنوع بين خفض ضريبة الوقود للمزيج و قروض ضريبية للمنتجين و الموزعين و حوافز ضريبية أخرى.

جدول رقم(3-2): الحوافز الضريبية لدعم الإيثانول في بعض الولايات الأمريكية

الوحدة: دولار للغالون

الولايات	تخفيضات ضريبية لمزيج الإيثانول والبنزين	تخفيضات ضريبية لإنتاج الإيثانول
هاواي	إعفاء من ضريبة مبيعات التجزئة	
إيداهو	تخفيض إلى 10% من ضريبة البنزين	
أيوا	0.01	0.2
مينيسوتا	0.02	0.2
ميسوري	0.02	0.2
كارولينا الشمالية		قرض ضريبي 30% من تكلفة منشآت الإنتاج
أوريغون	0.05	تخفيض 50% من الرسوم العقارية لوحدات إنتاج الإيثانول في الولاية
واشنطن		تخفيض 60% من الضريبة لكل غالون يتم مزجه

source : ENVIRONNEMENT CANADA, www.ec.gc.ca/cleanair-airpur/CAOL/transport/publications/ethgas/ethgasfr.pdf

[15] OCDE, **Politiques de soutien des biocarburants** une évaluation économique, Editions OCDE, Paris, 2009, p 34

[16] منظمة الأغذية و الزراعة، حالة الأغذية و الزراعة 2008، مرجع سابق، ص 31

- **الأهداف الكمية:** إلى جانب الحوافز الضريبية تعتمد الولايات المتحدة الأمريكية سياسة المزج الإجباري منذ سنة 2005، و تعزز هذا التوجه بصدور قانون أمن و استقلال الطاقة المتضمن معيار الوقود المتجدد (RFS1) الذي حدد هدفا كميا يتمثل في المزج الإجباري للبنزين المستهلك في الولايات المتحدة الأمريكية بـ 7.5 مليار غالون من الإيثانول بحلول سنة 2012، لترتفع هذه الكمية إلى 35 مليار غالون بحلول سنة 2017[17]؛ أما بالنسبة للديزل الحيوي فقد فرض المعيار المزج بالديزل النفطي بـ 500 مليون غالون في سنة 2009 على أن ترتفع هذه الكمية إلى 1 مليار غالون على الأقل ابتداءا من سنة 2012.[18]

تم تعديل معيار الوقود المتجدد في سنة 2010 بالمعيار (RFS2) الذي حدد هدفا طموحا يتمثل في إنتاج 36 مليار غالون من الإيثانول في سنة 2022، تتوزع إلى 15 مليار غالون من وقود الجيل الأول و 21 مليار غالون من الوقود الحيوي المتقدم يغطي الإيثانول السيليلوزي منها 16 مليار غالون.[19]

- **الإعانات المالية:** و من جهة أخرى تواصل الولايات المتحدة الأمريكية دعم الوقود الحيوي من خلال الإعانات المالية الموجهة بصفة خاصة لتطوير إنتاج الوقود السيليلوزي، حيث رصد قانون أمن و استقلال الطاقة مبلغ 500 مليون دولار لتشجيع استخدام التكنولوجيا الحيوية لإنتاج الوقود قادر على المنافسة من مواد سيليلوزية في إطار برنامج بحث يمتد ما بين سنتي 2008 و 2015، إضافة إلى 200 مليون دولار مخصصة لدعم محطات توزيع مزيج وقود الإيثانول (E85)؛ كما قررت الحكومة الأمريكية دعما ماليا لإنشاء وحدات إنتاج الإيثانول السيليلوزي بقيمة 100 مليون دولار في سنة 2006، وارتفع هذا الدعم إلى 400 مليون دولار في سنة 2008.

- **الرسوم الجمركية:** إلى جانب إجراءات الدعم الداخلي تعمل الحكومة الأمريكية على حماية الإنتاج المحلي ضد المنافسة الأجنبية عن طريق الحواجز الجمركية، فواردات الإيثانول القادمة من الدول غير الأعضاء في اتفاقية التبادل الحر (ALENA) تخضع لرسوم جمركية بنسبة تتراوح بين 1.9% و 2.5% إضافة إلى الرسم المفروض استنادا إلى مبدأ الدولة الأولى بالرعاية المحدد بقيمة 0.54 دولار للغالون؛ كما أن الواردات من دول مبادرة حوض الكاريبي معفاة من الرسوم الجمركية بشرط أن تكون 50% من المواد الأولية المستخدمة في إنتاج الإيثانول على

[17] M. David Treguer, **Les biocarburants dans l'union Européenne et aux Etats-Unis** : soutien public et liens avec les politiques agricoles et environnementales, DEMETER 2008, p 129

[18] OCDE, **Politiques de soutien des biocarburants** une évaluation économique, éditions OCDE, Paris, 2009, p 34

[19] منظمة الأغذية و الزراعة، حالة الأغذية و الزراعة 2008، مرجع سابق، ص 31

الأقل منتجة في دولة تنتمي إلى المبادرة، أما في حالة العكس فإن كمية الواردات المعفاة لا تتجاوز 7% من الإنتاج الأمريكي.[20]

من جهة أخرى تفرق الولايات المتحدة بين واردات الإيثانول كوقود و الإيثانول لاستخدامات أخرى، و تفرض رسوم إضافية على واردات الإيثانول كوقود تستهدف بالدرجة الأولى واردات الإيثانول من البرازيل التي تمثل منافسا حقيقيا للإيثانول الأمريكي.

3- سياسة الدعم في الإتحاد الأوروبي: عرف قطاع الوقود الحيوي في الاتحاد الأوروبي دفعا قويا منذ سنة 2003 بصدور مجموعة من التشريعات تمثل الإطار العام لدعم إنتاج و استخدام الوقود الحيوي على مستوى الاتحاد، تتمثل أهمها في ما يلي:

أ) الأهداف الكمية: تتمثل أهم هذه التشريعات الأوروبية في هذا المجال في:

- التعليمة الأوروبية 98/70/CE التي تتضمن المواصفات البيئية للوقود و المعدلة بالتعليمة 2003/17/CE التي تسمح بمزج البنزين بـ 5% من الإيثانول و مزج الديزل النفطي بـ5% من الديزل الحيوي.

- التعليمة الأوروبية 2003/30/CE المتعلقة بتنمية سوق الوقود الحيوي والتي تحدد أهدافا كمية تصاعدية لاستهلاك الوقود الحيوي في قطاع النقل بصورة طوعية على أساس المحتوى الطاقوي للوقود، من 2% ابتداءا من سنة 2002 إلى 5.75% في 2010 ليتم رفع هذه النسبة في سنة 2007 إلى 10% في آفاق 2020. وقد حددت المفوضية الأوروبية مصادر تحقيق هذا الهدف بـ 6% من وقود الجيل الأول و 2.5% من وقود الجيل الثاني و 1.5% المتبقية من السيارات الكهربائية.[21]

بالإضافة إلى التشريعات السابقة تمثل السياسة الزراعية الموحدة إحدى أهم أدوات دعم إنتاج الوقود الحيوي في الاتحاد الأوروبي، فإلى غاية سنة 2008 استفاد المزارعون الأوروبيون من الدعم الموجه للزراعات الطاقوية و الوقود الحيوي بشكل خاص، و المقدر بـ 45 أورو للهكتار في حدود 10% من المساحة المتروكة خارج الاستغلال في الاتحاد الأوروبي.

[20] OCDE, évaluation des réformes de la Politique agricole aux Etats Unis, éditions OCDE, Paris, 2011, p 127
[21] http://www.lemonde.fr/planete/article/2013/09/11/le-parlement-europeen-plafonne-les-agrocarburants-juges-nuisibles_3474080_3244.html consulté le: 16/03/2014

ب) الحوافز الضريبية: يتمثل الإطار العام للحوافز الضريبية الممنوح لدعم الوقود الحيوي في الاتحاد الأوروبي في التعليمة الأوروبية 2003/96/CE المتعلقة بالجباية لتفسح المجال أمام الدول الأعضاء لاستخدام الأدوات الضريبية كأداة لتنمية الوقود الحيوي و التي تسمح للدول الأعضاء بإعفاء كلي أو جزئي للوقود الحيوي من الضرائب، و بما أن منح الحوافز الضريبية يخرج من اختصاص المجموعة الأوروبية، فإنه يمكن لكل دولة عضو أن تحدد مستوى الإعفاءات التي تطبقها، شريطة الحصول على المفوضية موافقة الأوروبية و ألا تتجاوز قيمة الدعم الفرق بين تكلفة الوقود الحيوي و نظيره من الوقود الأحفوري، على أساس أن هذه الإعفاءات تمثل إعانة بيئية حكومية، و قد حددت العديد من الدول الأوروبية إعفاءات ضريبية للوقود الحيوي تتراوح بين 30 إلى 100% من الضرائب المفروضة على الوقود النفطي.[22]

و ابتداءا من ديسمبر 2010 يقتصر الإعفاء على الوقود الحيوي المستدام حسب المعايير المحددة في التعليمة 2009/28/CE التي تتعلق بتنمية إنتاج و استخدام مصادر الطاقة المتجددة؛ في 2011 اقترحت المفوضية الأوروبية تعديل نظام الحوافز الضريبية من خلال تقسيم النسب الدنيا إلى قسمين: القسم الأول يحدد قيمة دنيا بـ 20 أورو لكل طن من ثاني أكسيد الكربون المحتوى في الوقود، و القسم الثاني يستند إلى المحتوى الطاقوي بتحديد 9.6 أورو لكل جيغا جول من وقود النقل و 0.15 أورو لكل جيغا جول من بقية أنواع الوقود.

ج) الرسوم الجمركية: إلى جانب إجراءات دعم إنتاج و استهلاك الوقود الحيوي على مستوى الاتحاد الأوروبي، تستخدم دول الاتحاد الرسوم الجمركية على واردات الوقود الحيوي و المواد الأولية لإنتاجه، فواردات الإيثانول تخضع لرسوم جمركية تتراوح بين 25% و 45% ، بينما تخضع واردات الديزل الحيوي لرسوم تتراوح بين 0% بالنسبة لزيت النخيل إلى 3.2% بالنسبة لأنواع الزيوت الأخرى. مع الإشارة إلى أنه من أجل تفادي الرسوم الجمركية المرتفعة المفروضة على الإيثانول في الاتحاد الأوروبي، و الاستفادة من الرسوم المنخفضة المطبقة على المواد الكيميائية التي تتراوح بين 9.5% و 10.9% يتم اللجوء إلى مزج الإيثانول مع البنزين.

على غرار الولايات المتحدة الأمريكية يعتمد الاتحاد الأوروبي بعض الاستثناءات، حيث تستثنى الواردات القادمة من الدول النامية في إطار نظام الأفضليات المعمم و اتفاقيات الشراكة الاقتصادية المبرمة بين الاتحاد و الدول المصدرة.

[22] IFP, les biocarburants dans le monde, op cit, p 6

د) أدوات الدعم في بعض دول الاتحاد الأوروبي:

رغم وجود إطار عام موحد إلا أن السياسة الأوروبية لدعم الوقود الحيوي ليست سياسة موحدة، و يرجع هذا التباين إلى اختلاف الأنظمة الضريبية المطبقة على الوقود بين مختلف الدول الأوروبية، فنجد مثلا:

- **فرنسا:** تعتمد الحوافز الضريبية بشكل أساسي من خلال تخفيض الرسم الداخلي على الاستهلاك المفروض على البنزين بقيمة 0.59 أورو للتر إلى 0.33 أورو للتر بالنسبة للإيثانول، و تخفيض الرسم المفروض على الديزل بقيمة 0.42 أورو للتر إلى 0.25 أورو للتر بالنسبة للإستر الميثيلي للزيوت النباتية و 0.30 أورو للتر بالنسبة للإستر الإيثيلي.

الإعفاء من الرسم العام على النشاطات الملوثة بالنسبة للوقود الممزوج حسب النسب التي تحددها الحكومة و التي بلغت مستوى 7% في سنة 2010

- **بريطانيا:** تعتمد سياسة المزج الإجباري من خلال فرض حد أدنى لمزج الوقود الحيوي مع الوقود النفطي، ارتفع من 2.5% سنة 2008 إلى 5% سنة 2010، مع إلزام الموزعين الذين لم يلتزموا بالمزج بدفع رسم قدره 0.15 جنيه استرليني لكل لتر.

- **ألمانيا:** تعتمد مزيجا من الحوافز الضريبية و الأهداف الكمية، من خلال إعفاء كلي للوقود الحيوي من ضريبة الوقود، غير أنه ابتداءا من سنة 2006 فرضت الحكومة الألمانية ضريبة على الديزل الحيوي الموجه للمزج مع الديزل النفطي بـ 0.15 أورو للتر و 0.10 أورو على الديزل الحيوي الصرف، فيما بقي الإيثانول معفى كليا. ومن جهة أخرى تطبق ألمانيا المزج الإجباري حيث حددت الحكومة نسبة 6.75% كحد أدنى سنة 2010.

- **السويد:** خلافا لما هو سائد في الاتحاد الأوروبي من دعم الإنتاج المحلي، تعتمد السويد على الواردات لتشجيع استهلاك الوقود الحيوي و ذلك بحصولها على ترخيص استثنائي من الاتحاد الأوروبي لاستيراد الإيثانول البرازيلي برسوم جمركية أقل من تلك المفروضة على المنتجات الزراعية و اعتباره ضمن المنتجات الكيميائية خلال سنتي 2009 و 2010 مع إعفاء كلي للوقود الحيوي من الضرائب، إضافة إلى تشجيع استخدام سيارات الوقود المرن التي بلغت 35% من السيارات الجديدة في السويد سنة 2009 لضمان تنافسية الإيثانول (E85).[23]

[23] Cour des comptes, La politique d'aide aux biocarburants, disponible sur site : https://www.ccomptes.fr/Publications/Publications/La-politique-d-aide-aux-biocarburants consulté le: 24/12/2014

المطلب الرابع: سياسات دعم الوقود الحيوي في الأسواق الصاعدة

تختلف أهداف برامج تنمية الوقود الحيوي في الأسواق الصاعدة من حيث توجهات سياسات الدعم للدول المنتجة، و يمكن أن نميز مجموعتين في هذا الإطار: المجموعة الأولى تمثل الدول ذات الاحتياجات الطاقوية الكبيرة كالهند و الصين التي تستهدف تنمية الوقود الحيوي من أجل توفير جزء من متطلبات السوق المحلي، أما المجموعة الثانية فتضم الدول التي تستهدف إضافة إلى تلبية الطلب المحلي التصدير إلى الأسواق الدولية، و تضم دولا تمتلك موارد طبيعية ذات قدرة إنتاجية كبيرة كإندونيسيا، ماليزيا و الأرجنتين، هذه المجموعة تتميز عن المجموعة الأولى بالإجراءات التحفيزية الموجهة لصادرات الوقود الحيوي.

1- الأهداف الكمية: بغرض تشجيع إنتاج و استهلاك الوقود الحيوي في الأسواق المحلية و كما هو الحال في الأسواق الناضجة تتبنى الحكومات سياسة الأهداف الكمية من المزج الإجباري أو الاختياري و أنظمة الحصص وغيرها، و تختلف هذه الأهداف تبعا للقدرات الإنتاجية و أهداف تنمية الوقود الحيوي من دولة لأخرى.

كما تضمن الحكومات في العديد من هذه الدول كالأرجنتين مثلا شراء الوقود الحيوي المنتج محليا بأسعار تحفيزية من خلال برنامج يمتد على مدى 15 سنة إلى غاية 2022، هذا إلى جانب تحديد السعر الأدنى المضمون للوقود الحيوي بهدف حماية المنتجين من تقلبات الأسعار، فالحكومة الأرجنتينية تضمن أسعار الوقود الحيوي عبر نظام ضمان الأسعار المعتمد منذ 2008 بالنسبة للإيثانول و منذ 2010 بالنسبة للديزل الحيوي، و من جهة أخرى تستخدم الحكومة الأرجنتينية المزج الإجباري للإيثانول عند مستوى 5% منذ سنة 2010 و الديزل الحيوي عند مستوى 7% منذ سنة 2011[24].

كما تضمن الحكومة الإندونيسية عبر شركة توزيع الوقود الحكومية PERTAMINA توزيع الوقود الحيوي بنفس أسعار الوقود النفطي.

[24] Martine GUIBERT Et Selvina Cecilia CARRIZO, op cit, p 185

جدول رقم (3-3): إجراءات دعم الوقود الحيوي في بعض الأسواق الصاعدة

الدولة	نسب المزج	إعانات أخرى	حوافز التصدير
الأرجنتين	5% للإيثانول و 7% للديزل الحيوي	قروض ضريبية للمنتجين و ضمان الحكومة لشراء الوقود	ضريبة الصادرات مخفضة للديزل الحيوي 17.5% مقابل 35% على حبوب الصوجا و 32% على زيت الصوجا
الصين	10% للإيثانول في بعض المقاطعات إنتاج 10 مليار لتر من الإيثانول و2 مليار لتر من الديزل الحيوي سنة 2020*	الإعفاء من ضريبة الاستهلاك و الرسم على القيمة المضافة و إعانات أخرى للمنتجين	
إندونيسيا	2.5% للديزل الحيوي في 2010 و تستهدف 20% في 2025 و3% للإيثانول في 2010 و تستهدف 15% في 2025	دعم أسعار الوقود الحيوي	ضريبة الصادرات مخفضة للوقود الحيوي 10%
ماليزيا	5% للديزل الحيوي	تخفيض ضرائب الدخل بـ 70% على الأقل لمدة 5 سنوات و إعفاءات جبائية لمشاريع الاستثمار الكبيرة	الإعفاء من ضريبة الصادرات

source : Amine Akbi, les implications du développement des biocarburants : quel impact sur les pays en développement ? Thèse de doctorat en sciences économiques, université Nice Sophia Antipolis, 2013, p 77

* IFP, Le point sur les biocarburants : les biocarburants dans le monde, Op. Cit. p 5

2- حوافز الاستثمار: تستخدم الحكومات في أغلب الدول الصاعدة (النامية خاصة) الحوافز الضريبية لتشجيع إنتاج و استخدام الوقود الحيوي في أسواقها المحلية على غرار الأسواق الناضجة، لكنها تتميز باستخدام هذه

الحوافز لاستقطاب الاستثمارات الأجنبية في هذا القطاع بهدف اكتساب التكنولوجيا التي تسمح لها بإنتاج وقود حيوي يستجيب للمعايير المفروضة في الأسواق الدولية.

ففي ماليزيا مثلا يجري العمل ببرنامجين لتحفيز الاستثمار المباشر استنادا إلى قانون ترقية الاستثمار لسنة 1986، فالبرنامج الأول يسمح بإعفاء منتجي الوقود الحيوي من ضرائب أرباح الشركات بـ 70% على الأقل لمدة 5 سنوات و يمكن أن يصل الإعفاء إلى 100% كما يمكن أن تمدد المدة إلى 10 سنوات.

أما البرنامج الثاني المتعلق بتخفيض ضرائب الاستثمار فهو موجه لتخفيض تكاليف إنشاء وحدات تحويل الوقود الحيوي، لفائدة الشركات الكبرى التي تقوم بإنجاز مشاريع كبيرة في هذا المجال حيث تستفيد من تخفيضات ضريبية تصل إلى 60% لمدة تتراوح بين 5 إلى 10 سنوات.

في نفس الإطار فتحت الحكومة الصينية المجال للاستثمار الأجنبي المباشر في صناعة الوقود الحيوي بتعديل الدليل الصناعي للاستثمار الأجنبي سنة 2007 مع ضرورة حيازة المستثمرين الصينيين لـ 51% من رأس مال الاستثمارات في هذا المجال؛[25] أما الحكومة الهندية فقد سمحت للمستثمرين الأجانب بالاستثمار في هذا القطاع مع حرية امتلاك كامل رأس المال.[26]

3- حوافز التصدير: علاوة على الاعتبارات الطاقوية المتمثلة في تأمين مصادر طاقة محلية و تقليص حجم الواردات النفطية، تسعى العديد من الدول المنتجة للوقود الحيوي إلى تحقيق إيرادات من صادرات الوقود الحيوي إلى الأسواق الدولية.

و عليه، تعتمد هذه الدول إجراءات عديدة لتشجيع صادرات الوقود الحيوي نوعا و كما من أهمها الحوافز الضريبية في أهم الدول المصدرة كالأرجنتين التي تفرض ضريبة صادرات مخفضة على صادرات الديزل الحيوي بنسبة 17.5% مقارنة بـ 32% بالنسبة لزيت الصوجا الخام و 35% بالنسبة لحبوب الصوجا، كما تمنح أهم الدول الآسياوية المصدرة حوافز تشجيعا حيث تفرض إندونيسيا ضريبة صادرات على الديزل الحيوي بنسبة 10%، بينما تستفيد الصادرات الماليزية من إعفاء كلي

[25] IEA, sustainable production of second generation biofuels, op cit, p 125
[26] Comité de la Sécurité Alimentaire mondiale, agrocarburants et sécurité alimentaire, rapport du groupe d'experts de haut niveau, Rome, 2013, p41

المبحث الثاني: تقييم الفعالية الاقتصادية والبيئية لسياسات دعم الوقود الحيوي

ساهمت سياسات دعم الوقود الحيوي المنتهجة في أهم مناطق الإنتاج خاصة الولايات المتحدة الأمريكية و الاتحاد الأوروبي بشكل كبير في توسع إنتاج و استخدام هذا الوقود، من خلال المساعدة على خفض تكاليف إنتاجه ليكون قادرا على منافسة الوقود النفطي بما يحقق الأهداف الأساسية من إنتاجه و استخدامه، غير الاعتماد الكبير على دعم الوقود الحيوي يثير العديد من التساؤلات حول تكاليف هذه السياسات جدواها الاقتصادية و مدى تأثيرها و فعاليتها في تحقيق الأهداف الاقتصادية و البيئية لاستخدام الوقود الحيوي، و انعكاسها على قدرته التنافسية في مواجهة الوقود النفطي والوقود الحيوي المنتج في مناطق أخرى من العالم و في الدول النامية تحديدا.

المطلب الأول: الآثار الاقتصادية و البيئية لأهم برامج تنمية الوقود الحيوي

تنعكس تنمية قطاع إنتاج الوقود الحيوي بالعديد من الآثار الإيجابية ليس على مستوى هذا القطاع فقط و إنما تمتد هذه الآثار إلى المستوى الكلي للاقتصاد من خلال العديد من المؤشرات كالمساهمة في التشغيل و الناتج الداخلي والميزان التجاري وخفض التبعية الطاقوية و غيرها، كما يمكن أن تمتد هذه الآثار إلى النواحي البيئية عبر المساهمة في تخفيض انبعاث غازات الاحتباس الحراري في قطاع النقل. و لتحليل هذه الآثار و نظرا لعدم توفر البيانات في معظم الدول المنتجة، سنتطرق إلى الحالتين اللتين تتوفر حولهما البيانات وهما الولايات المتحدة الأمريكية و الاتحاد الأوروبي.

1- المساهمة في خفض التبعية الطاقوية: يمثل خفض التبعية الطاقوية أحد أهم دوافع و مبررات سياسات التوسع في إنتاج الوقود الحيوي في كل من الولايات المتحدة الأمريكية و الاتحاد الأوروبي باعتباره وسيلة لدعم الإنتاج الحلي من مصادر الطاقة، و مع ذلك فإن إنتاج الإيثانول و الديزل الحيوي لا يعكس مساهمة كبيرة في تحقيق هذا الهدف، مع تباين في الوضعيتين.

فبالنسبة للولايات المتحدة الأمريكية رغم تراجع نسب التبعية للواردات النفطية و انخفاض حجم هذه الواردات، إلا أن مساهمة الإيثانول تبقى متواضعة حيث لم تتعدى نسبة 7% كما هو مبين في الجدول أدناه، مع الإشارة إلى أن هذا الانخفاض لا يمس سوى النفط المستخدم في قطاع النقل، أما في باقي القطاعات فإن الأمر يعود إلى ارتفاع إنتاج النفط المحلي.

جدول رقم (3-4): تطور مساهمة الإيثانول في خفض نسبة التبعية للواردات النفطية في الاقتصاد الأمريكي

السنوات	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
نسبة التبعية دون الإيثانول %	60	62	62	61	61	57	56	52	48
نسبة التبعية بوجود الإيثانول %	58	60	60	58	57	51	49	45	41
نسبة الإنخفاض %	2	2	3	3	4	6	7	7	7

Source: Renewable Fuels Association, Ethanol industry outlook 2013, p 9

و لتوضيح مساهمة إنتاج الإيثانول في خفض تبعية قطاع النقل للنفط قمنا بإعداد الجدول الموالي الذي يبين أثر مساهمة إحلال الإيثانول محل النفط[27] في قطاع النقل على الواردات و استهلاك القطاع في الولايات المتحدة الأمريكية اعتمادا على المحتوى الطاقوي للإيثانول و المكافئ من البنزين و الكميات المطلوبة من النفط الخام لإنتاج نفس الكمية من الوقود.

يتضح من الجدول تطور نسبة مساهمة الإيثانول في خفض الواردات النفطية الموجهة لإنتاج البنزين المكافئ من 3% سنة 2004 إلى أكثر من 17% سنة 2013، هذه النسبة تبقى دون مستوى تحقيق الاستقلالية الطاقوية الذي يجب ألا يقل عن 40% من حجم الواردات، هذه الوضعية تنسحب أيضا على خفض تبعية قطاع النقل للمشتقات النفطية (البنزين) حيث لم تتجاوز نسبة استهلاك الإيثانول 11% من النفط المستهلك في هذا القطاع، مع ملاحظة تراجع هذه النسبة بعد سنة 2011 ، ما يعني أن النفط يبقى مصدر الطاقة المسيطر على قطاع النقل الأمريكي بأكثر من 90%.

[27] للاطلاع على طريقة حساب مساهمة إحلال الإيثانول محل النفط أنظر:
Institut International du développement durable, http://www.iisd.org/gsi/news/how-much-oil-does-ethanol-displace consulté le 06/11/2014

جدول رقم (3-5): تطور إحلال الإيثانول للواردات النفطية و النفط المستهلك في قطاع النقل الأمريكي بالمكافئ الطاقوي

الوحدة: مليون برميل

السنوات	حجم الإنتاج* (مليون غالون)	حجم الإنتاج (مليون برميل)	المكافئ من البنزين	المكافئ من النفط الخام لإنتاج البنزين	الواردات النفطية*	نسبة الإحلال %	النفط المستهلك في قطاع النقل**	نسبة الإحلال %
2004	3404.436	81.058	55.168	125.925	3692.063	3.410	4967.15268	2.535
2005	3904.362	92.961	63.269	144.417	3695.971	3.907	5034.41479	2.868
2006	4884.348	116.294	79.149	180.665	3693.081	4.892	5090.13993	3.549
2007	6521.046	155.263	105.671	241.205	3661.404	6.587	5084.36691	4.744
2008	9308.754	221.637	150.846	344.318	3580.694	9.615	4785.1427	7.195
2009	10937.808	260.424	177.244	404.575	3289.675	12.298	4612.75268	8.770
2010	13297.914	316.617	215.489	491.872	3362.856	14.626	4655.09464	10.566
2011	13929.132	331.646	225.718	515.220	3261.422	15.797	4573.03142	11.266
2012	13217.988	314.714	214.194	488.916	3120.755	15.666	4474.98503	10.925
2013	13292.706	316.493	215.405	491.680	2821.48	17.426	4531.92181	10.849

المصدر: من إعداد الباحث

*معطيات إنتاج الإيثانول و الواردات النفطية و النفط المستهلك في قطاع النقل من موقع إدارة معلومات الطاقة الأمريكية على الروابط التالية:

http://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/#renewable
http://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=pet&s=mcrimus1&f=a
http://www.eia.gov/totalenergy/data/annual/#consumption

** المعطيات الأصلية بالتريليون وحدة حرارية بريطانية.

بالنسبة للاتحاد الأوروبي تبقى مساهمة الديزل الحيوي ضعيفة جدا في تخفيض التبعية للواردات النفطية رغم تراجعها، حيث لم تتعدى نسبة إحلال الديزل الحيوي من إجمالي الواردات النفطية 5.74% في سنة 2011، وبالتالي يبقى إنتاج الديزل الحيوي في الاتحاد الأوروبي يلعب دورا هامشيا في خفض التبعية للواردات النفطية وتحقيق الاستقلالية الطاقوية.

من ناحية أخرى يظهر الجدول ضعف مساهمة الديزل الحيوي في تعويض النفط كمصدر رئيسي للطاقة المستهلكة في قطاع النقل الأوروبي و تبقى بعيدة عن فك ارتباط هذا القطاع بالمشتقات النفطية، حيث بلغت نسبة الإحلال 1.69% في سنة 2004 لتصل إلى 8.37% في سنة 2011.

جدول رقم (3-6): تطور إحلال الديزل الحيوي للواردات النفطية و النفط المستهلك في قطاع النقل الأوروبي بالمكافئ الطاقوي

الوحدة: مليون برميل

	إنتاج الديزل الحيوي * (مليون لتر)	حجم الإنتاج مليون برميل	المكافئ من الديزل النفطي	المكافئ من النفط الخام لإنتاج الديزل	الواردات النفطية*	نسبة الإحلال %	النفط المستهلك في قطاع النقل**	نسبة الإحلال %
2004	2197.04	13.817	12.850	44.979			2653.46	1.695
2005	3618.18	22.755	21.162	74.073	4510.392	1.642	2711.367	2.731
2006	5556.81	34.948	32.502	113.763	4485.918	2.536	2726.76	4.172
2007	6492.05	40.831	37.972	132.909	4404.352	3.0176	2762.163	4.811
2008	8063.56	50.714	47.164	165.083	4441.852	3.716	2240.341	7.368
2009	9567.55	60.173	55.961	195.873	4054.48	4.831	2743.399	7.139
2010	9919.63	62.387	58.020	203.081	4034.181	5.034	2665.921	7.617
2011	10845.98	68.213	63.438	222.046	3868.887	5.739	2652.727	8.370

المصدر: من إعداد الباحث

*معطيات إنتاج الديزل الحيوي من موقع على الرابطين:

http://www.economie.gouv.fr/files/directions_services/dgccrf/documentation/dgccrf_eco/dgccrf_eco9.pdf
http://www.ebb-eu.org/prev_stats_production.php

*معطيات الواردات النفطية و النفط المستهلك في قطاع النقل من موقع المفوضية الأوروبية على الرابطين:

http://ec.europa.eu/energy/en/statistics/eu-crude-oil-imports
http://ec.europa.eu/transport/facts-fundings/statistics/pocketbook-2013_en.htm

** المعطيات الأصلية بالمليون طن مكافئ نفط.

2- **المساهمة في التشغيل و الدخل:** يعتبر قطاع إنتاج الوقود الحيوي من القطاعات الاقتصادية ذات الكثافة الرأسمالية، ما يعني أن مساهمته في خلق مناصب الشغل ستكون أقل مقارنة بالقطاعات كثيفة العمل.

يتضح طابع الكثافة الرأسمالية لقطاع إنتاج الوقود الحيوي في الاقتصاد الأمريكي حيث يبلغ متوسط فرص العمل المتاحة في مختلف النشاطات المرتبطة بهذا القطاع بشكل مباشر و غير مباشر حوالي 400000 فرصة عمل سنويا خلال الفترة 2008 – 2013 أغلبها في القطاع الزراعي، وتمثل فرص العمل المباشرة حوالي 20% من إجمالي فرص العمل المتاحة التي تعتبر متدنية مقارنة ببعض القطاعات المماثلة لهذا القطاع من حيث الحجم كقطاع

إنتاج الحليب و مشتقاته الذي يتيح أكثر من 1.3 مليون فرصة عمل و قطاع إنتاج المعدات الزراعية الذي يتيح ما يقارب 2 مليون فرصة عمل.[28]

رغم أهمية عدد فرص العمل التي يتيحها قطاع الوقود الحيوي إلا أن الاعتماد عليه كمحرك لخلق مناصب الشغل قد يواجه بعض الصعوبات نظرا لعدة عوامل تتعلق بطبيعة القطاع، فمحدودية الطاقة الإنتاجية و مستوى المكننة قد تؤثر في مستويات التشغيل، فالمكننة الكبيرة لنظم الإنتاج تساعد على رفع إنتاجية العامل و بالمقابل تخفض من فرص العمل، كما أن وحدات الإنتاج الكبيرة قد تحقق مستويات عالية من اقتصاديات الحجم في حين أن عدد العمال لوحدة المخرجات تكون أقل؛ و هو ما يمكن ملاحظته من خلال تراجع عدد فرص العمل الإجمالية وعدد الفرص لوحدة المخرجات في هذا القطاع في الاقتصاد الأمريكي حسب الجدول التالي حيث ينخفض عدد فرص العمل لكل 1000 غالون مع ارتفاع حجم الإنتاج من سنة لأخرى.

جدول رقم (3-7): فرص العمل المتولدة عن إنتاج الوقود الحيوي في الاقتصاد الأمريكي

السنوات	2008	2009	2010	2011	2012	2013
فرص العمل المباشرة			70400	90200	87000	86504
فرص العمل غير المباشرة			330277	311400	295000	300277
الإجمالي	494000	400000	400677	401600	382000	386781
فرصة عمل/ 1000 غالون	53.07	36.57	30.13	28.79	28.72	29.08
فرصة عمل غ م/فرصة م			4.69	3.45	3.39	3.47

المصدر: من إعداد الباحث اعتمادا على معطيات: Renewable Fuels Association, Ethanol industry outlook (various issues)

أما على مستوى الاتحاد الأوروبي فتشير تقديرات المفوضية الأوروبية إلى أن إنتاج 1% من الوقود الحيوي كبديل للوقود النفطي يتيح إنشاء ما بين 45000 و 75000 فرصة عمل على مستوى الاتحاد، أكثر من نصفها في القطاع الزراعي، و بناء عليه يمكن تقدير عدد فرص العمل المتاحة من إنتاج الديزل الحيوي على المستوى الأوروبي حسب الجدول التالي الذي يبين وضعية مشابهة لقطاع الوقود الحيوي الأمريكي، مع ملاحظة ضعف معامل التشغيل في القطاع الأوروبي مقارنة بنظيره الأمريكي، حيث يسجل القطاع الأوروبي معدل 0.17 فرصة عمل

[28] أنظر بيانات التشغيل في القطاعات الصناعية الأمريكية على موقع مكتب العمل الأمريكي:
http://www.bls.gov/emp/ep_table_207.htm consulté le: 26/12/2014

لكل 1000 غالون، بينما يسجل القطاع الأمريكي معدل 34 فرصة عمل لكل 1000 غالون. و هو ما يوضح طابع الكثافة الرأسمالية لهذا القطاع في الاقتصادات الأوروبية كما هو الحال في الاقتصاد الأمريكي.

جدول رقم (3-8): تقديرات فرص العمل المتولدة عن إنتاج الديزل الحيوي في الاتحاد الأوروبي

السنوات	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
عدد فرص العمل	101707	163918	250326	288708	442119	428389	245706	502230
فرصة عمل/ 1000 غالون	0.17	0.17	0.17	0.17	0.20	0.17	0.17	0.17

المصدر: من إعداد الباحث

تم حساب النتائج انطلاقا من متوسط تقديرات المفوضية الأوروبية المشار إليها أعلاه و نتائج الجدول رقم (3-6)

و تشير البيانات المتاحة عن بعض الدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي إلى أن إنتاج 1000 طن من الديزل الحيوي تساهم في استحداث 11 فرصة عمل في فرنسا و 19 فرصة عمل في إسبانيا.

3- خفض انبعاث غازات الاحتباس الحراري: تتباين مساهمة أنواع الوقود الحيوي بشكل كبير في تخفيض انبعاث غازات الاحتباس الحراري، تبعا لطبيعة المواد الأولية المستخدمة و طرق الإنتاج. استنادا إلى تحليل دورة حياة الوقود الحيوي من إنتاج المادة الأولية إلى استخدام المنتج النهائي، و تجمع معظم الدراسات على أن أنواع الوقود الحيوي تحقق تخفيضا في الانبعاثات يتراوح بين 20% و 60% مقارنة بالوقود التقليدي[29]

بمقارنة مستويات المساهمة في خفض انبعاث غازات الاحتباس الحراري حسب المواد المستخدمة في إنتاج الوقود الحيوي نجد أن الإيثانول المنتج من قصب السكر يعتبر الوقود الأعلى مساهمة مقارنة بالمحاصيل الأخرى، أما بالنسبة للديزل الحيوي فإن الوقود المنتج من فول الصويا هو الأعلى مساهمة من بين المحاصيل المستخدمة في الإنتاج كما يوضحه الجدول التالي الذي يبين أن المواد الأولية المستخدمة لإنتاج الوقود الحيوي في الولايات المتحدة الأمريكية و الاتحاد الأوروبي و المتمثلة في الذرة و بذور اللفت تعتبر الأقل كفاءة في خفض الانبعاثات، في حين أن المحاصيل التي يتم إنتاجها بشكل أساسي في الدول النامية تعتبر الأعلى كفاءة.

[29] Vanessa persillet, Les biocarburants de première génération : un bilan mondial mitigé, Sciences sociale, n° 1/2012, Rennes, 2012, p 3

جدول رقم (3-9): تخفيض انبعاث غازات الاحتباس الحراري حسب مواد إنتاج الوقود الحيوي

مصادر إنتاج الوقود الحيوي	تقديرات ADEME 2010	تقديرات OCDE 2009
الإيثانول من البنجر السكري	%66	%50 - %30
الإيثانول من القمح	%49	%60 - %30
الإيثانول من الذرة	%56	%50 - %20
الإيثانول من قصب السكر	%72	%90 - %70
الديزل الحيوي من بذور اللفت	%59	%55 - %40
الديزل الحيوي من دوار الشمس	%73	
الديزل الحيوي من فول الصويا	%77	
الديزل الحيوي من زيت النخيل	%76	

Source: Amine Akbi, Op cit, p 89 et IFP, Biocarburants: quels bilans sur l'environnement, Op cit.

و تبين دراسة للآثار البيئية للديزل الحيوي مقارنة بالديزل النفطي أجرتها وكالة حماية البيئة الأمريكية، أن استخدام الديزل الحيوي يخفض انبعاث أحادي أكسيد الكربون بـ 50% و الهيدروكربونات بـ 70%، لكنه يزيد من انبعاث أكاسيد النيتروجين بـ 10%.

المطلب الثاني: تكاليف سياسات دعم الوقود الحيوي

من الواضح أن سياسات دعم الوقود الحيوي المنتهجة تعتبر أهم العوامل المساعدة على بلوغ الإنتاج المستويات الحالية و خفض تكاليف الإنتاج، غير أن التوسع في هذه السياسات يدفع إلى التساؤل حول التكاليف المترتبة عنها.

1- تكاليف الدعم في الدول المتقدمة: يبرز قطاع إنتاج الوقود الحيوي كأحد القطاعات الموجهة التي تعتمد بشكل كبير على سياسات الدعم الحكومية التي تعتمد على أدوات مكلفة اقتصاديا، حيث تبين دراسة للمعهد العالمي للتنمية المستدامة في إطار برنامج مبادرة الإعانات العالمية حجم التحويلات الموجهة لدعم الوقود الحيوي في مجموعة من دول منظمة التعاون الاقتصادي و التنمية و التي تشمل مختلف أشكال الدعم المقدم لهذا القطاع من الحوافز الضريبية و الرسوم الجمركية و الدعم الحكومي للاستثمار في البحث و التطوير و المزج الإجباري، و قد

قدرت القيمة الإجمالية لدعم الوقود الحيوي بنوعيه سنة 2006 في الولايات المتحدة الأمريكية أكثر من 6.3 مليار دولار و في الاتحاد الأوروبي 4.7 مليار دولار.

نشير إلى أن هذه الدراسة تؤكد على أنه من المحتمل أن تكون تقديرات الدعم أقل من القيمة الحقيقية للدعم الحكومي نظرا لتعدد أدوات و أشكال الدعم و سرية البيانات مما يجعل التحديد الدقيق لقيم الدعم أمرا صعبا، إضافة إلى أن التقديرات لم تأخذ بعين الاعتبار الدعم المقدم للقطاع الزراعي لإنتاج المواد الأولية.

جدول رقم(3-10): تقدير الدعم الكلي للوقود الحيوي في دول مختارة 2006

الوحدة: مليار دولار

	الإيثانول		الديزل الحيوي		إجمالي دعم الوقود الحيوي
	إجمالي الدعم	متوسط الدعم دولار/ لتر*	إجمالي الدعم	متوسط الدعم دولار/ لتر*	
الولايات المتحدة الأمريكية	5.8	0.28	0.53	0.55	6.33
الاتحاد الأوروبي	1.6	1	3.1	0.7	4.7
كندا	0.15	0.4	0.013	0.2	0.163
أستراليا	0.043	0.36	0.032	0.35	0.075

المصدر: منظمة الأغذية و الزراعة، حالة الأغذية و الزراعة 2008، مرجع سابق، ص 32

* Ronald Steenblik, Biofuels – at what cost? International Institute for Sustainable Development, Geneva, 2007, p 39

يظهر الجدول أعلاه أن قيمة الدعم في الولايات المتحدة الأمريكية هو الأعلى بالقيمة المطلقة بينما يتضح أن متوسط الدعم للوحدة المنتجة في الاتحاد الأوروبي هو الأعلى من بين قيم الدعم الممنوحة في مختلف الدول؛ أي أن مستوى الإعانات للديزل الحيوي في الاتحاد الأوروبي أوسع نطاقا من إعانات الإيثانول في الولايات المتحدة الأمريكية على أساس الوحدة المنتجة، إضافة إلى تواضع قيمة إجمالي الدعم لا يعكس الأهمية النسبية للدعم بالنسبة للوحدة المنتجة من الوقود.

و انطلاقا من أن قيمة الدعم ترتبط بحجم الإنتاج فإن إجمالي قيمة الدعم سترتفع تبعا لارتفاع حجم الإنتاج، وبافتراض ثبات متوسط قيمة الدعم للوحدة المنتجة فإن إجمالي مخصصات دعم الوقود الحيوي في الولايات المتحدة الأمريكية بلغ أكثر من 16 مليار دولار سنة 2011 منها أكثر من 14.7 مليار دولار مخصصة للإيثانول.

جدول رقم(3-11): تقديرات تطور قيمة دعم الوقود الحيوي في الولايات المتحدة الأمريكية

السنوات	إنتاج الإيثانول مليون لتر	قيمة الدعم مليون دولار	إنتاج الديزل الحيوي	قيمة الدعم مليون دولار	إجمالي دعم الوقود الحيوي مليون دولار
2007	24686.7238	6912.28268	1496.06	822.833	7735.11568
2008	35240.15	9867.242	2370.72	1303.896	11171.138
2009	41407.2597	11594.0327	1649.03	906.9665	12500.9992
2010	50341.913	14095.7356	953.04	524.172	14619.9076
2011	52731.515	14764.8242	2961.06	1628.583	16393.4072
2012	50039.3372	14011.0144			
2013	50322.1971	14090.2152			

المصدر: من إعداد الباحث

في الاتحاد الأوروبي يسير دعم الوقود الحيوي في نفس منحى الدعم في الولايات المتحدة، حيث ارتفعت مخصصات الدعم إلى أكثر من 14 مليار دولار في سنة 2011، و من المتوقع أن يتواصل هذا المنحى التصاعدي مع نمو الإنتاج تبعا للأهداف المحددة لزيادة نسب استخدام الوقود الحيوي في المستقبل المنظور.

جدول رقم(3-12): تقديرات تطور قيمة دعم الوقود الحيوي في الاتحاد الأوروبي

السنوات	إنتاج الإيثانول مليون لتر	قيمة الدعم مليون دولار	إنتاج الديزل الحيوي	قيمة الدعم مليون دولار	إجمالي دعم الوقود الحيوي مليون دولار
2007	6492.05	4544.435	4068.41	4068.41	8612.845
2008	8063.56	5644.492	5021	5021	10665.492
2009	9567.55	6697.285	5700.25	5700.25	12397.535
2010	9919.63	6943.741	6230.31	6230.31	13174.051
2011	10845.98	7592.186	6798.42	6798.42	14390.606

المصدر: من إعداد الباحث

بالنظر إلى الأهداف المرسومة لاستخدام الوقود الحيوي و نمو الطاقات الإنتاجية من جهة، و العمل على تسريع تطوير إنتاج وقود الجيل الثاني لتوسيع استخدام الوقود الحيوي إلى فروع النقل الأخرى و خاصة النقل الجوي الذي يعتمد بصورة مطلقة على المشتقات النفطية، فإنه من المتوقع أن يتواصل ارتفاع دعم الوقود الحيوي في ظل تذبذب أسعار النفط و المواد الأولية للجيل الأول و توسع قطاع النقل.

2- التكاليف في الدول النامية: رغم عدم توفر المعطيات المتعلقة بسياسات دعم الوقود الحيوي خارج الولايات المتحدة و الاتحاد الأوروبي و تحديدا في الدول النامية، إلا أنه يمكننا رسم صورة تقريبية حول وضع هذه السياسات في هذه الدول و التي يمكن أن نعتبرها أقل تكلفة من سياسات الولايات المتحدة و الاتحاد الأوروبي نظرا لعدة عوامل يتمثل أهمها في:

- الميزة التنافسية للقطاع الزراعي في أهم الدول النامية المنتجة للوقود الحيوي، إذ تحتل المراتب الأولى عالميا في إنتاج المواد الأولية المستخدمة في إنتاج الوقود الحيوي، كقصب السكر بالنسبة للبرازيل و الهند، زيت النخيل في كل من ماليزيا و إندونيسيا و فول الصويا في الأرجنتين، إضافة إلى إمكانياتها في إنتاج المحاصيل الطاقوية غير الغذائية، مما يتيح لها القدرة على توفير كميات كبيرة من المواد الأولية التي تعتبر أهم عناصر تكاليف الإنتاج.

- الكفاءة الإنتاجية و الطاقوية للمواد الأولية المنتجة في هذه الدول بوجه عام مقارنة بالمواد المستخدمة في الولايات المتحدة و الاتحاد الأوروبي، مستفيدة من الخصائص المناخية التي تسمح لها ببلوغ مستويات إنتاجية كبيرة بمدخلات أقل، و هو ما يساعد تلك الدول على إنتاج وقود بمحتوى طاقوي أعلى و بمعايير بيئية أفضل.

- قطاع إنتاج الوقود الحيوي في أغلب الدول النامية يستهدف التصدير خلافا لواقع الولايات المتحدة و الاتحاد الأوروبي الذي يستهدف تلبية الطلب المحلي، و بالتالي تختلف فلسفة الدعم و أهميته بين المجموعتين.

- الإمكانيات المالية لهذه الدول أقل من الإمكانيات المتاحة للولايات المتحدة الأمريكية و دول الاتحاد الأوروبي، و عليه فإن قدرة هذه الدول على التوسع في إجراءات الدعم المعتمدة على الإنفاق العمومي بشكل كبير تكون محدودة في الغالب.

المطلب الثالث: تحليل التكلفة و العائد لسياسات دعم الوقود الحيوي

سنحاول تحليل التكلفة و العائد لسياسات الوقود الحيوي استنادا إلى الأهداف البيئية و الاقتصادية الأساسية المحددة لهذه السياسات و المتمثلة في خفض انبعاث غازات الاحتباس الحراري و خفض التبعية الطاقوية إضافة إلى الآثار الاقتصادية الكلية.

و لكي يكون تحليلنا أكثر توازنا سنعتبر أن كل هدف من الأهداف السابقة يأخذ نفس القيمة من الدعم؛ أي ثلث قيمة الدعم الإجمالية.

1- تقييم الهدف البيئي: نعتمد في تحليل هذا الهدف على مردودية خفض انبعاث غازات الاحتباس الحراري، ونشير بداية إلى أن الكفاءة في تخفيض الانبعاثات تعتمد على الكفاءة الطاقوية للوقود التي تعتمد بدورها على المردودية الزراعية للمواد الأولية المستخدمة.

لتقييم الآثار الخارجية الإيجابية للوقود الحيوي المتأتية من خفض انبعاث غازات الاحتباس الحراري نعتمد التقييم النقدي لتجارة الانبعاثات في أسواق حقوق التلويث كأداة اقتصادية، مع الإشارة إلى أن هذا التقييم يبقى تقييما افتراضيا لكونه لا يعكس الآثار الاقتصادية الحقيقية لانبعاث غازات الاحتباس الحراري و إنما يعكس تقلبات العرض و الطلب في أسواق حقوق التلويث، إضافة إلى أن سعر الطن المكافئ من ثاني أكسيد الكربون لا يمثل الأثر الاقتصادي لمنع انبعاث هذه الكمية من غازات الاحتباس الحراري و لكنه يمثل الحد الأدنى الذي يحفز الصناعة على تطوير التكنولوجيا النظيفة.

لقياس كفاءة سياسة الدعم الأوروبية في تحقيق هدف تخفيض انبعاث غازات الاحتباس الحراري نقارن بين قيمة الدعم المخصص لخفض انبعاث طن مكافئ من ثاني أكسيد الكربون نتيجة لإحلال الوقود الحيوي محل الوقود النفطي و سعر بيع طن مكافئ من ثاني أكسيد الكربون في سوق حقوق التلويث الأوروبية المقدر بـ 26 دولار للطن، مع الإشارة إلى أن هذا السعر يعرف تذبذبا كبيرا.

و من خلال الجدول التالي الذي يبين تكلفة دعم خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجم عن استخدام الديزل الحيوي نجد أن التكلفة البالغة 181.54 دولار للطن كبيرة مقارنة بسعر الطن في سوق حقوق التلويث، وهذا يعني أن سياسة الدعم غير مجدية اقتصاديا في مجال خفض الانبعاثات، إضافة إلى أنه يمكن اعتبار الديزل الحيوي الأوروبي المنتج من بذور اللفت ذو كفاءة بيئية منخفضة، و هذا يتماشى مع نتائج الدراسات التي تحدد مساهمة أنواع الوقود الحيوي في خفض الانبعاثات و التي تتفق على أن الديزل الحيوي المنتج من بذور اللفت يعتبر الأقل مساهمة من بين مصادر الإنتاج الأخرى.

جدول رقم(3-13): تكلفة سياسة الدعم الأوروبية لخفض الانبعاثات باستخدام الديزل الحيوي

الوحدة: مليون طن مكافئ CO_2

السنوات	مليون لتر	مليون ميغا جول	انبعاثات الديزل الحيوي	انبعاثات الديزل النفطي	حجم التخفيض	تكلفة الطن من إجمالي قيمة الدعم	تكلفة الطن من قيمة دعم الهدف
2007	4068.41	134355.172	3.184	10.654	7.470	544.622	181.540
2008	5021	165813.504	3.929	13.149	9.219	544.622	181.540
2009	5700.25	188245.056	4.461	14.927	10.466	544.622	181.540
2010	6230.31	205749.757	4.876	16.315	11.439	544.622	181.540
2011	6798.42	224511.022	5.320	17.803	12.482	544.622	181.540

المصدر: من إعداد الباحث

بالنسبة لسياسة الدعم باستخدام الإيثانول في الاتحاد الأوروبي نجد نفس حالة الديزل الحيوي لكن بوضعية أفضل للإيثانول، حيث يكلف دعم الطن من ثاني أكسيد الكربون باستخدام هذا الأخير 85.152 دولار أي أقل من نصف قيمة الدعم في حالة الوقود الحيوي، و مع ذلك فهي أكبر من سعر بيع الطن في سوق حقوق التلويث وهو ما يعني أن سياسة الدعم غير فعالة أيضا في حالة الإيثانول المعتمد على البنجر السكري.

جدول رقم(3-14): تكلفة سياسة الدعم الأوروبية لخفض الانبعاثات باستخدام الإيثانول

الوحدة: مليون طن مكافئ CO_2

السنوات	مليون لتر	مليون ميغا جول	انبعاثات الإيثانول	انبعاثات البنزين	حجم التخفيض	تكلفة الطن من إجمالي قيمة الدعم	تكلفة الطن من قيمة دعم الهدف
2007	24686.72	525407.543	18.074	45.132	27.058	255.457	85.152
2008	35240.15	750016.112	25.800	64.426	38.626	255.457	85.152
2009	41407.26	881270.708	30.315	75.701	45.385	255.457	85.152
2010	50341.91	1071426.934	36.857	92.035	55.178	255.457	85.152
2011	52731.51	1122284.834	38.606	96.402	57.798	255.457	85.152

المصدر: من إعداد الباحث

في الولايات المتحدة الأمريكية الوضعية مشابهة للاتحاد الأوروبي مع اختلافات أساسية، حيث تعتبر سياسة الدعم الأمريكية في مجال خفض الانبعاثات مكلفة اقتصاديا إذ تبلغ قيمة دعم الطن من ثاني أكسيد الكربون باستخدام الإيثانول محل البنزين 209.825 دولار أي أكثر من ضعفي تكلفة الطن بالنسبة للإيثانول الأوروبي و هو ما يعني انخفاض الكفاءة البيئية لإيثانول الذرة، الأمر الذي يتفق تماما مع تقديرات مساهمة كل نوع من أنواع الإيثانول في خفض الانبعاثات.

جدول رقم(3-15): تكلفة سياسة الدعم الأمريكية لخفض الانبعاثات باستخدام الإيثانول

الوحدة: مليون طن مكافئ CO_2

السنوات	مليون لتر	مليون ميغا جول	انبعاثات الإيثانول	انبعاثات البنزين	حجم التخفيض	تكلفة الطن من إجمالي قيمة الدعم	تكلفة الطن من قيمة دعم الهدف
2007	24686.724	525407.544	34.151	45.133	10.981	629.476	209.825
2008	35240.15	750016.113	48.751	64.426	15.675	629.476	209.825
2009	41407.26	881270.709	57.283	75.701	18.419	629.476	209.825
2010	50341.913	1071426.94	69.643	92.036	22.393	629.476	209.825
2011	52731.515	1122284.83	72.949	96.404	23.456	629.476	209.825
2012	50039.33717	1064987.21	69.224	91.482	22.258	629.476	209.825
2013	50322.1971	1071007.32	69.615	92.000	22.384	629.476	209.825

المصدر: من إعداد الباحث

بالنسبة للديزل الحيوي الأمريكي تعتبر سياسة الدعم غير مجدية أيضا، لكن بخلاف الحالة الأوروبية نجد أن الديزل الحيوي يتفوق على الإيثانول، حيث يكلف دعم الطن من ثاني أكسيد الكربون اعتمادا على الديزل الحيوي 99.847 دولار، أي ما يقارب نصف التكلفة في حالة الإيثانول وهو بذلك يتفوق على الديزل الحيوي الأوروبي لكنه يبقى في الوقت نفسه خارج دائرة الجدوى مقارنة بسعر طن ثاني أكسيد الكربون في سوق حقوق التلويث.

جدول رقم(3-16): تكلفة سياسة الدعم الأمريكية لخفض الانبعاثات باستخدام الديزل الحيوي

الوحدة: مليون طن مكافئ CO_2

السنوات	مليون لتر	مليون ميغا جول	انبعاثات الديزل الحيوي	انبعاثات الديزل النفطي	حجم التخفيض	تكلفة الطن من إجمالي قيمة الدعم	تكلفة الطن من قيمة دعم الهدف
2007	1496.06	49405.885	1.170	3.9.17	2.746	299.542	99.847
2008	2370.72	78290.657	1.855	6.2.08	4.352	299.542	99.847
2009	1649.03	54457.566	1.290	4.3.18	3.027	299.542	99.847
2010	953.04	31473.192	0.745	2.4.95	1.749	299.542	99.847
2011	2961.06	97786.045	2.317	7.54	5.436	299.542	99.847

المصدر: من إعداد الباحث

2- تقييم هدف خفض التبعية الطاقوية: من الواضح أن إنتاج الوقود الحيوي يساهم في خفض استهلاك الوقود النفطي في قطاع النقل و بالتالي يساهم في خفض الواردات النفطية لكل من الولايات المتحدة الأمريكية و الاتحاد الأوروبي، لكن هذه المساهمة تبقى ضئيلة و لا ترقى إلى مستوى تحقيق استقلالية طاقوية حقيقية من عدة جوانب. فمساهمة الوقود الحيوي المنتج محليا في خفض الواردات النفطية في سنة 2011 لم تتجاوز نسبة 5.74% في الاتحاد الأوروبي و 17.24% في الولايات المتحدة الأمريكية التي شهدت وارداتها النفطية تراجعا بفعل ارتفاع إنتاج النفط المحلي غير التقليدي على الخصوص. كما أن حجم إنتاج الديزل الحيوي في أوروبا لا يكفي لسد الاحتياجات الكبيرة للسوق الأوروبية في ظل الأهداف المحددة و هو ما يستدعي اللجوء للاستيراد أي إحلال واردات الديزل الحيوي أو مصادر إنتاجه محل الواردات النفطية و بالتالي الإبقاء على طابع التبعية مع تنويع المصادر.

و بالنظر إلى حجم الاستهلاك اليومي من النفط في الاقتصاد الأمريكي الذي بلغ متوسطه حوالي 19.2 مليون برميل يوميا خلال الفترة 2007 – 2011 فإن كمية النفط المكافئة التي يوفرها استخدام الإيثانول لا تغطي في المتوسط سوى 22 يوما من الاستهلاك (25 يوما كأعلى تقدير في سنة 2011)، و إذا اعتبرنا أن الواردات

تغطي 50% من الاستهلاك، فإن هذه الكمية تغطي 44 يوما من الواردات كمتوسط و هي مدة لا تعكس مستوى كبير من الأمان في حالة حدوث اضطراب في الإمدادات النفطية.

أما فيما يخص خفض اعتماد قطاع النقل على المشتقات النفطية فإن مساهمة الوقود الحيوي تبقى ضعيفة، حيث لم يغطي الديزل الحيوي سوى 8.37% من استهلاك الديزل في قطاع النقل الأوروبي في سنة 2011، كما أن الإيثانول في الولايات المتحدة الأمريكية لم يغطي أكثر من 10.85% من استهلاك البنزين خلال نفس السنة؛ هذه النسب ليست كافية لفك ارتباط قطاع النقل بالمشتقات النفطية على اعتبار أن الوقود الحيوي هو المصدر الوحيد حاليا المنافس للوقود النفطي في قطاع النقل.

من ناحية أخرى و استنادا إلى دراستين اقتصاديتين أمريكيتين[30] فإن إنتاج و استخدام الإيثانول في الولايات المتحدة الأمريكية أدى إلى انخفاض سعر البنزين بـ 0.89 دولار للغالون في سنة 2010 و بـ 1.29 دولار للغالون في 2011 و قد بلغ متوسط تخفيض السعر 0.29 دولار للغالون خلال الفترة 2000 – 2011، إضافة إلى أن إنتاج مليار غالون إضافية من الإيثانول تؤدي إلى انخفاض سعر البنزين بـ 0.06 دولار للغالون[31]؛ و عليه فقد انتهى دعم الإيثانول بغرض تشجيع استهلاكه إلى دعم للبنزين، مما أدى إلى زيادة صافية في استهلاك البنزين تقدر بمليار غالون سنويا في الاقتصاد الأمريكي[32]، و هو وضع مناقض للهدف من تشجيع استهلاك الإيثانول و إحلاله محل البنزين في اتجاه تخفيض الاعتماد على النفط.

أما فيما يتعلق بخفض فاتورة الواردات النفطية فإنه من الواضح استخدام الوقود الحيوي مكن الولايات المتحدة الأمريكية و الاتحاد الأوروبي من اقتصاد مبالغ معتبرة خاصة مع ارتفاع أسعار النفط في السنوات الأخيرة، غير أن تحقيق هدف خفض فاتورة الواردات النفطية ضمن سياسة دعم الوقود الحيوي يبدو متواضعا جدا كما هو مبين في ما يلي.

فبالنسبة للولايات المتحدة الأمريكية وفر استخدام الإيثانول أكثر من 50 مليار دولار سنويا من الواردات النفطية ابتداءا من سنة 2011، إلا أن أثر سياسة الدعم في تغطية تكلفة البرميل غير المستورد من النفط تعتبر ضعيفة مقارنة بمتوسط سعر البرميل السنوي كما يوضحه الجدول الموالي، مع ملاحظة تراجع نسبة التغطية بارتفاع سعر

[30] دراسة للاقتصاديين الأمريكيين Dermot Hayes من جامعة أيوا و xiaodong Du من جامعة وسكونسن

[31] Renewable Fuel Association (RFA), Ethanol Industry Outlook 2013, p 10 sur le lien: http://www.ethanolrfa.org/page/-/PDFs/RFA%202013%20Ethanol%20Industry%20Outlook.pdf?nocdn=1 consulté le: 17/10/2014

[32] دينا جلال، مرجع سابق، ص 52

البرميل رغم ارتفاع حجم التخفيض في الواردات النفطية تماشيا مع ارتفاع إنتاج الإيثانول، وهذا يشير إلى أن سياسة الدعم الأمريكية تعتبر مكلفة في تحقيق الاستقلالية الطاقوية.

جدول رقم (3-17): عوائد خفض فاتورة الواردات النفطية و أثر سياسة الدعم في الولايات المتحدة الأمريكية

السنوات	متوسط سعر البرميل (دولار للبرميل)*	حجم تخفيض الواردات النفطية (مليون برميل)	قيمة التخفيض في فاتورة الواردات (مليون دولار)	تكلفة البرميل غير المستورد (متوسط الدعم) (دولار للبرميل)	فرق التكلفة (دولار للبرميل)	نسبة تغطية تكلفة البرميل %
2007	71.12	241.205	17153.670	9.552	61.56	13.432
2008	96.99	344.318	33395.559	9.552	87.44	9.849
2009	61.76	404.575	24985.307	9.552	52.20	15.468
2010	79.04	491.872	38877.942	9.552	69.49	12.085
2011	104.01	515.22	53587.722	9.552	94.46	9.184
2012	105.01	488.916	51340.888	9.552	95.46	9.097
2013	104.08	491.68	51172.824	9.552	94.53	9.178

المصدر: من إعداد الباحث

* http://databank.worldbank.org/data/databases/commodity-price-data

نفس الوضعية نلاحظها على مستوى سياسة دعم الديزل الحيوي في الاتحاد الأوروبي و بمستويات مقاربة جدا لتلك المحققة في الولايات المتحدة الأمريكية بالنسبة لتغطية تكلفة البرميل غير المستورد من النفط عبر سياسة الدعم كما هو مبين في الجدول التالي.

جدول رقم (3-18): عوائد خفض فاتورة الواردات النفطية و أثر سياسة الدعم في الاتحاد الأوروبي

السنوات	متوسط سعر البرميل (دولار للبرميل)	حجم تخفيض الواردات النفطية (مليون برميل)	قيمة التخفيض (مليون دولار)	تكلفة البرميل غير المستورد (متوسط الدعم) (دولار للبرميل)	فرق التكلفة (دولار للبرميل)	نسبة تغطية تكلفة البرميل %
2007	71.12	132.910	9452.097	10.203	60.913	14.347
2008	96.99	165.083	16011.477	10.138	86.852	10.453
2009	61.76	195.874	12096.562	9.701	52.056	15.708
2010	79.04	203.082	16051.744	10.226	68.814	12.938
2011	104.01	222.047	23094.947	10.206	93.804	9.812

المصدر: من إعداد الباحث

3- تقييم الآثار على القطاع الزراعي: تظهر آثار دعم الوقود الحيوي على القطاع الزراعي بشكل واضح، فكل أدوات دعم إنتاج و استهلاك الوقود الحيوي لها انعكاسات مباشرة و غير مباشرة على هذا القطاع، من حيث خلق مناصب الشغل المرتبطة بإنتاج المحاصيل الموجهة لإنتاج الوقود و توفير منافذ جديدة لتصريف الإنتاج الزراعي و خفض حجم فائض منه، حيث تم استخدام 65% من الزيوت النباتية المنتجة في الاتحاد الأوروبي و 50% من قصب السكر في البرازيل و 40% من الذرة في الولايات المتحدة الأمريكية في إنتاج الوقود الحيوي في سنة 2012 إضافة إلى ارتفاع الدخل في القطاع الزراعي نتيجة لارتفاع أسعار المنتجات الزراعية.

رغم أهمية هذه العوائد إلا أنه من الصعب قياس آثار سياسة دعم الوقود الحيوي على مختلف أبعاد تنمية القطاع الزراعي خاصة فيما يتعلق بارتفاع الدخل، غير أنه من وجهة نظرنا يمكن إبراز تأثير سياسة الدعم على القطاع الزراعي في الاتحاد الأوروبي من خلال تحقيق هدف القضاء على نظام تجميد استغلال الأراضي الزراعية (سياسة التبوير) المقرر بموجب السياسة الزراعية الموحدة سنة 1993 و الذي يحدد مبلغ 63 أورو للهكتار كتعويض للمزارعين عن خسائر الدخل الناجمة عن التجميد، و تم تخفيض هذا المبلغ إلى 45 أورو للهكتار ابتداءا من سنة 2006 إلى غاية 2012؛ هذا النظام يمس 8.2 مليون هكتار من الرقعة الزراعية في الاتحاد الأوروبي.

بمقارنة قيمة التعويض المخصص للهكتار في إطار سياسة التجميد المقدر بـ 45 أورو للهكتار و قيمة متوسط الدعم السنوي للهكتار من مخصصات سياسة دعم الوقود الحيوي المبين في الجدول الموالي، نجد أن العوائد المحققة قد ارتفعت نتيجة لسياسة الدعم، لكن إذا أخذنا بعين الاعتبار توفير مناصب الشغل و تحسين مستوى الدخل في القطاع الزراعي فإن العوائد الصافية ستكون أقل و تعكس بوجه العام العوائد الإيجابية لسياسة دعم الوقود الحيوي، و مع ذلك يمكن إبداء ملاحظة حول عدم التخلص من طابع الدعم في القطاع الزراعي الذي يعتبر أحد محاور التوسع في إنتاج الوقود الحيوي، حيث تم استبدال الدعم المباشر لتعويض خسائر الدخل بالدعم غير المباشر لإنتاج الوقود الحيوي.

جدول رقم (3-19): قيمة الدعم المخصصة لاستغلال الأراضي المجمدة في إنتاج مدخلات الوقود الحيوي في الاتحاد الأوروبي

السنوات	إجمالي مخصصات الدعم (مليون دولار)	قيمة الدعم لوحدة المساحة (دولار للهكتار)	قيمة الدعم لوحدة المساحة (أورو للهكتار)
2007	2870.948	350.116	269.320
2008	3555.164	433.557	333.505
2009	4132.512	503.965	387.665
2010	4391.350	535.531	411.947
2011	4796.869	584.984	449.988
المتوسط السنوي	3949.369	481.630	370.485

المصدر: من إعداد الباحث

المطلب الرابع: انعكاسات سياسات الدعم على صناعة الوقود الحيوي في الدول النامية

يترتب عن سياسات دعم إنتاج الوقود الحيوي في كل من الولايات المتحدة الأمريكية و الاتحاد الأوروبي آثار متعددة على الدول النامية، تتعدى التأثير على الأمن الغذائي إلى المنافسة الاقتصادية.

1- التأثير على تنافسية قطاع الوقود الحيوي: تنبع أهمية قطاع الوقود الحيوي في الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد الأوروبي من المساهمة في خفض التبعية الطاقوية و تصريف فائض الإنتاج الزراعي تخفيض دعم الصادرات الزراعية بما يتوافق مع قواعد المنظمة العالمية للتجارة، و إدراكا لأهمية العوائد المترتبة عن هذه النقاط و انطلاقا من أن صناعة الوقود الحيوي الأمريكية والأوروبية مكلفة ولا تمتلك نفس الميزات التنافسية التي تمتلكها العديد من الدول النامية كالبرازيل و الأرجنتين على سبيل المثال، فيما يتعلق بتكاليف الإنتاج و مردودية المواد الأولية اقتصاديا و بيئيا، فإن اعتماد سياسات الدعم والحماية هو المدخل لمواجهة ضعف التنافسية في هذا القطاع. ونظرا للتوسع الكبير في إنتاج الوقود الحيوي فإن الاتحاد الأوروبي و الولايات المتحدة الأمريكية قد استخدما معظم المساحات الزراعية، بالإضافة إلى ارتفاع تكاليف اليد العاملة و المكننة الكبيرة للقطاع الزراعي ما يعني ارتفاع استهلاك الطاقة مقارنة بالدول النامية. تظافر هذه العوامل يجعل من الصعب تدنئة تكاليف الإنتاج إلى المستويات التي تتمتع بها الدول النامية دون اعتماد سياسات الدعم و الحماية المشار إليها سابقا.

2- التأثير على حجم صادرات الوقود الحيوي: تنعكس السياسات المنتهجة في الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد الأوروبي على انخفاض صادرات الدول النامية من الوقود الحيوي، كما هو الحال بالنسبة لصادرات الإيثانول البرازيلي إلى الولايات المتحدة الأمريكية التي انخفضت بأكثر من 59% بين سنتي 2006 و 2007 من 10.783 مليون برميل إلى 4.403 مليون برميل، ليصل الانخفاض إلى أكثر من 97% بين سنتي 2008 و 2009 من 4.835 مليون برميل إلى 125 ألف برميل[33]؛ وكذلك الصادرات من دول حوض الكاريبي وأمريكا الجنوبية التي تحظى بمعاملة تفضيلية و التي عرفت بدورها انخفاضا بفعل سياسة الدعم حسب تقرير صادر الكونغرس الأمريكي[34] و كما توضحه بيانات الواردات الأمريكية من وقود الإيثانول من هذه الدول؛ و يشير تقرير الكونغرس إلى أن التكلفة المنخفضة للإيثانول المستورد من دول حوض الكاريبي تمثل تهديدا جديا للإيثانول المنتج محليا، و عليه فإن إجراءات الدعم الحكومي لهذا المنتوج تمثل سلاحا لمواجهة هذا التهديد.

في نفس السياق يعمل الاتحاد الأوروبي على كبح واردات الوقود الحيوي من البرازيل و الأرجنتين و إندونيسيا عن طريق رسوم مكافحة الإغراق و معايير الاستدامة البيئية الخاصة بإنتاج المواد الأولية المستخدمة في إنتاج الوقود الحيوي.

و يظهر من خلال الجدول الموالي تراجع حجم واردات وقود الإيثانول الأمريكية من بعض دول مبادرة حوض الكاريبي رغم استفادتها من المعاملة التفضيلية و إعفائها من الرسوم الجمركية، إضافة إلى أنها لم تصل إلى السقف المحدد بـ 7% من استهلاك السوق الأمريكي، و هو ما يمكن تفسيره بأثر سياسة دعم الإنتاج المحلي.

[33] http://www.eia.gov/dnav/pet/pet_move_impcus_a2_nus_epooxe_im0_mbbl_m.htm
[34] voir : CRS Report for Congress : Ethanol Imports and the Caribbean Basin Initiative http://www.cnie.org/NLE/CRSreports/04Sep/RS21930.pdf consulté le: 28/12/2014

جدول رقم (3-20): تطور واردات وقود الإيثانول الأمريكية من بعض دول حوض الكاريبي و أمريكا الجنوبية

الوحدة: ألف برميل

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
كوستاريكا	491	753	769	1056	872	270			216
جامايكا	723	810	1898	1771	2351	2164	59	577	954
السلفادور	128	563	2108	1730	1667	786	293	594	365
ترينيداد و توباغو		209	648	1156	1559	102		776	

المصدر: إدارة معلومات الطاقة الأمريكية

http://www.eia.gov/dnav/pet/pet_move_impcus_a2_nus_epooxe_im0_mbbl_m.htm

3- تثبيط صناعة الوقود الحيوي: إضافة إلى الأثر الظاهر على صادرات الدول النامية المنتجة و المصدرة للوقود الحيوي، فإن سياسات الدعم الأمريكية و الأوروبية يمكن أن تؤدي إلى منع إقامة صناعة للوقود الحيوي في العديد من الدول التي تمتلك موارد تؤهلها لإنتاج هذا الوقود، خاصة تلك التي تستهدف التصدير و لا تمتلك الوسائل اللازمة لمواجهة السياسات الحمائية للصناعة الأمريكية و الأوروبية، و هو ما من شأنه أن يحرم هذه الدول من فرصة تطوير هذه الصناعة، و الانتقال إلى المراحل الأكثر فعالية فيها و تدعيم التشابك الاقتصادي المحلي أفقيا وعموديا و يبقي عليها في دائرة الدول المصدرة للمواد الأولية، و يحرمها من جهة أخرى من الاستفادة من الميزة التنافسية التي تمتلكها في إنتاج الوقود الحيوي و دخول الأسواق الأمريكية و الأوروبية التي ستستفيد من تحرير التجارة في هذا القطاع وفقا للمنطق الاقتصادي بالحصول على وقود حيوي بتكلفة منخفضة و كفاءة أعلى دون الحاجة إلى مخصصات الدعم الكبيرة لهذه الصناعة.

يمكن للدول النامية المنتجة و المصدرة للوقود الحيوي مواجهة هذه السياسات الحمائية و آثارها الحالية و المحتملة عن طريق التكتل في مجموعة على غرار منظمة الدول المنتجة و المصدرة للنفط كمجموعة ضغط على المستوى الدولي، و توحيد مواقفها طرح في مناقشة الإجراءات الحمائية الأمريكية و الأوروبية في إطار مفاوضات تحرير التجارة على مستوى منظمة التجارة العالمية، و هذا لا يتأتى إلا في ظل وجود قطاع ذو أهمية اقتصادية وقادر على المنافسة في الدول النامية

المبحث الثالث: كفاءة الوقود الحيوي كبديل للوقود النفطي

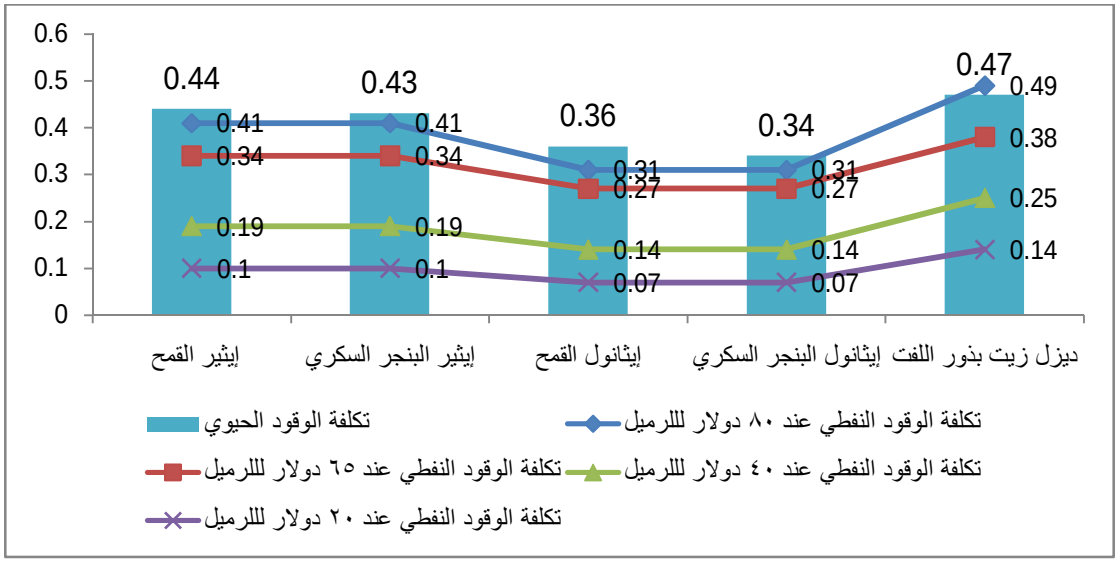
يعتمد التوسع في استخدام الوقود الحيوي على مدى كفاءته الاقتصادية، البيئية و الطاقوية و مرونته التقنية مقارنة بالوقود التقليدي في ظل التقلبات التي تعرفها أسعار النفط و الاعتبارات البيئية، ففي الوقت الذي يمثل فيه الوقود الحيوي البديل الفعلي للوقود النفطي تظل مساهمته متواضعة رغم الدعم الكبير الذي يستفيد منه، لذلك فإن تحليل عوامل كفاءة الوقود الحيوي تمثل عنصرا أساسيا في تحديد إمكانيات التوسع في استخدمه بشكل اقتصادي للحلول محل المشتقات النفطية و كذلك آفاق سياسات الدعم التي تستهدف الرفع من تنافسيته تجاريا.

المطلب الأول: تحليل الكفاءة الاقتصادية للوقود الحيوي

1- العوامل المؤثرة في تنافسية الوقود الحيوي: تتأثر تنافسية الوقود الحيوي بصورة مباشرة أو غير مباشرة بعدة عوامل و من أهم هذه العوامل نجد:

أ) سعر النفط: يمثل سعر النفط أحد أهم العوامل المؤثرة في تنافسية الوقود الحيوي، فمردودية كل نوع من هذا الأخير تعتمد على سعر التعادل الذي يمثل مستوى سعر برميل النفط الذي يكون عنده الوقود الحيوي مجد اقتصاديا أو بعبارة أخرى هو السعر الذي يغطي تكاليف إنتاج الوقود الحيوي، هذا السعر يختلف باختلاف المواد الأولية و مناطق الإنتاج حيث يقدر سعر التعادل بالنسبة للإيثانول البرازيلي المنتج من قصب السكر بـ 35 دولار للبرميل و بالنسبة للإيثانول الأمريكي المستخرج من الذرة 58 دولار بينما يبلغ سعر التعادل للديزل الحيوي الإندونيسي المنتج من زيت النخيل 45 دولار و يصل إلى 60 دولار بالنسبة للديزل الحيوي الأوروبي.

شكل رقم (3-1): مقارنة تكلفة الوقود الحيوي بالوقود النفطي عند مستويات مختلفة لسعر برميل النفط



المصدر: Jean Claude Sourie et autres, Op.cit. p 4

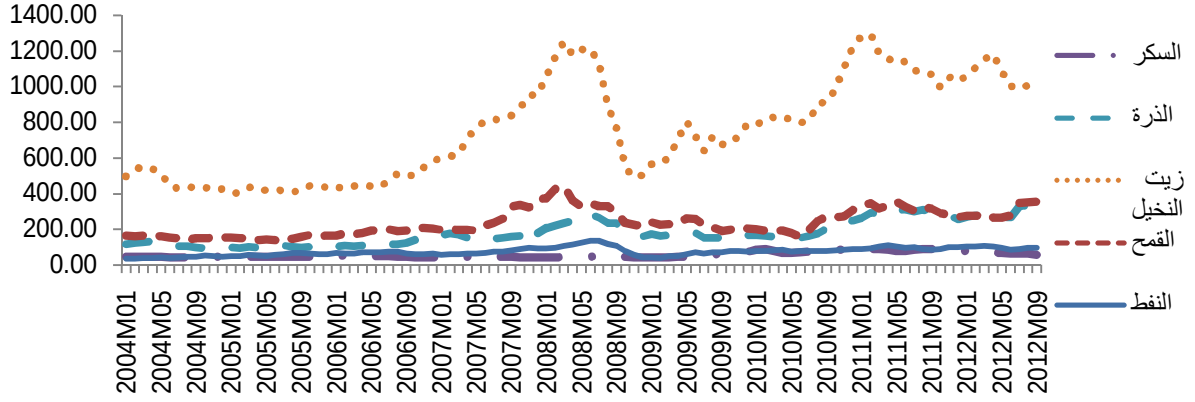
يوضح الشكل أن تكلفة الوقود الحيوي مرتفعة مقارنة بالوقود النفطي البديل عند مستويات مختلفة لسعر برميل النفط، حيث يظل الإيثانول المنتج في أوروبا اعتمادا على القمح و البنجر السكري غير تنافسي دون وجود الدعم حتى عند مستوى 80 دولار للبرميل، فيما يتمكن الديزل الحيوي من منافسة الديزل النفطي عند هذا المستوى من سعر النفط، و بالتالي فإن تنافسية الوقود الحيوي و خاصة الإيثانول تبقى ضعيفة حتى مع ارتفاع أسعار النفط مما يحتم استمرار اللجوء إلى الدعم.

و لكي يكون سعر التعادل مؤشرا أكثر دلالة يجب أن يكون هناك سوق متكامل للوقود الحيوي حيث يتوفر الوقود على مستوى المحطات و المركبات المستخدمة له بصورة عادية.

ب) أسعار المواد الأولية الزراعية: تمثل المواد الأولية المستخدمة في إنتاج الوقود الحيوي أهم عناصر تكلفة الإنتاج التي تتأثر مباشرة بتغيرات أسعار المواد الأولية، حيث نلاحظ أن سعر السكر في الأسواق الدولية كان له تأثير مباشر في برنامج إنتاج الإيثانول البرازيلي، ففي بداية تسعينيات القرن الماضي أدى ارتفاع أسعار السكر مع انخفاض أسعار النفط إلى توجيه محصول قصب السكر إلى الإنتاج الغذائي بدلا من الوقود مما خلق حالة من ندرة وقود الإيثانول في البرازيل. نفس الوضعية تنسحب على الديزل الحيوي المنتج في أوروبا نتيجة لارتفاع سعر زيت بذور اللفت منذ نهاية سنة 2000 مما جعل سعر الديزل الحيوي يتجاوز 1.5 مرة سعر الديزل النفطي.

و الملاحظ أن إنتاج الوقود الحيوي خلق نوعا من الارتباط بين أسواق الطاقة و أسواق السلع الزراعية حيث أن التغير أسعار المواد الزراعية المستخدمة في إنتاج الوقود الحيوي تأخذ نفس منحى تغير أسعار النفط كما يظهر في الشكل.

شكل رقم (3-2): التغيرات الشهرية لسعر النفط و أسعار المواد الأولية لإنتاج الوقود الحيوي 2004-2012



المصدر: من إعداد الباحث اعتمادا على بيانات World Bank Commodity Price Data

http://databank.worldbank.org/data/databases/commodity-price-data

ج) مردودية المواد الأولية المستخدمة: تختلف إنتاجية المحاصيل الزراعية المعتمدة في إنتاج الوقود الحيوي باختلاف مناطق و تقنيات الإنتاج من حيث مردودية الهكتار و كفاءة تحويل المواد، هذه الاختلافات تنعكس على تنافسية الوقود الحيوي المنتج.

فالمتوسط العالمي لمردودية الهكتار من محاصيل إنتاج الإيثانول تتراوح بين 4.9 طن للهكتار بالنسبة للذرة (9.4 طن للهكتار في الولايات المتحدة الأمريكية) و 65 طن للهكتار بالنسبة لقصب السكر (73.5 طن للهكتار في البرازيل)، كما أن كفاءة التحويل تتراوح بين 70 لتر للطن من قصب السكر و 420 لتر للطن من الأرز وهو ما يعطي قصب السكر أعلى إنتاجية للإيثانول في وحدة المساحة بين مختلف المواد الوسيطية المستخدمة في الإنتاج.

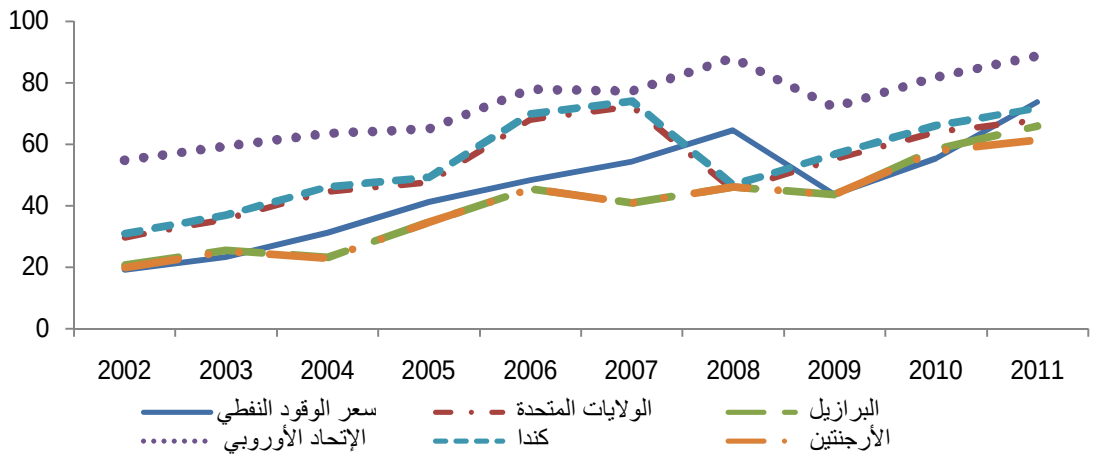
أما بالنسبة للديزل الحيوي فيتراوح متوسط مردودية الهكتار من المحاصيل بين 2.4 طن للهكتار بالنسبة لفول الصوجا و 20.6 طن للهكتار بالنسبة لزيت النخيل، و تصل كفاءة التحويل بالنسبة لفول الصوجا إلى 230 لتر للطن و إلى 205 لتر للطن بالنسبة لزيت النخيل الذي يعتبر بذلك المصدر الأعلى إنتاجية للديزل الحيوي.

د) أسعار الصرف: تؤثر أسعار صرف العملات مقابل الدولار الأمريكي بصورة مباشرة في قدرة الوقود الحيوي على منافسة المشتقات النفطية، باعتبار الدولار الأمريكي عملة تسعير النفط دوليا و انطلاقا من سعر نفط ثابت

فإن ارتفاع سعر صرف عملة دولة معينة مقابل الدولار سيؤدي إلى انخفاض سعر برميل النفط مقيما بهذه العملة مما يجعل الوقود الحيوي المنتج في هذه الدولة غير تنافسي.

2- مقارنة سعر الوقود الحيوي بالوقود النفطي: بمقارنة أسعار إنتاج الإيثانول و سعر الوقود النفطي (البنزين الممتاز) يتضح أن الإيثانول البرازيلي و الأرجنتيني هما الأكثر قدرة على منافسة الوقود النفطي بتسجيل فرق سعر موجب منذ سنة 2003، و نلاحظ تحسن في تنافسية الوقود الأمريكي و الكندي منذ سنة 2008 وليسجل كل منهما فرقا موجبا في 2011، بينما يبقى الإيثانول الأوروبي بعيدا عن منافسة الوقود النفطي بتسجيله فرقا سالبا طول الفترة 2002-2011. هذه الوضعية تفسر ارتفاع حجم الإعانات المقدمة لإنتاج الإيثانول في الولايات المتحدة الأمريكية و الاتحاد الأوروبي والرسوم الجمركية المفروضة على الإيثانول المستورد من البرازيل و الأرجنتين.

شكل رقم(3-3): سعر الوقود النفطي و أسعار إنتاج الإيثانول في أهم المناطق 2002-2011



المصدر: من إعداد الباحث

3- أسعار الإنتاج المحلية و الأسعار الدولية: توضح البيانات المتاحة حول أسعار إنتاج الإيثانول و الديزل الحيوي نزعة الأسعار نحو الارتفاع في مختلف مناطق الإنتاج الرئيسية في العالم بالعملات المحلية و بالدولار الأمريكي.

أ) أسعار الإيثانول: شهدت أسعار الإيثانول ارتفاعا في مختلف المناطق و بلغت أقصاها في سنة 2011 حيث ارتفعت الأسعار الدولية من 21.1 سنت/لتر سنة 2002 إلى 64.4 سنت/لتر في 2011 وقد سجل الاتحاد

الأوروبي أعلى الأسعار بالدولار الأمريكي مقارنة بقية المناطق نظرا لانخفاض سعر صرف الدولار الأمريكي مقابل العملة الأوروبية بشكل كبير خلال نفس الفترة و هي نفس الحالة لكل من كندا و الأرجنتين. و على العكس من ذلك استفادت البرازيل من انخفاض قيمة الريال البرازيلي مقابل الدولار منذ 2003.

جدول رقم:(3-21): تطور سعر و هامش إنتاج الإيثانول بالعملات المحلية و الدولار الأمريكي في أهم مناطق الإنتاج

		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
السعر العالمي	دولار	21.06	25.26	23.38	34.94	45.59	41.08	46.50	43.94	58.22	64.40
الولايات المتحدة	دولار	29.59	35.66	44.65	47.55	68.16	72.47	45.15	55.19	64.10	67.92
	الهامش	(8.53)	(10.4)	(21.27)	(12.61)	(22.56)	(31.39)	1.35	(11.25)	(5.88)	(3.52)
البرازيل	ريال	60.30	78.29	67.59	48.16	98.97	79.63	84.40	87.12	102.81	110.38
	دولار	20.65	25.44	23.11	34.57	45.50	40.90	46.03	43.57	58.44	65.94
	الهامش	0.42	(0.18)	0.27	0.37	0.10	0.18	0.48	0.36	(0.22)	(1.55)
الإتحاد الأوروبي	يورو	58.00	52.54	51.09	52.37	62.21	56.45	60.10	51.78	61.75	63.86
	دولار	54.73	59.34	63.42	65.07	78.04	77.32	88.21	72.11	81.88	88.86
	الهامش	(33.67)	(34.08)	(40.05)	(30.13)	(32.44)	(36.24)	(41.71)	(28.17)	(23.66)	(24.46)
الأرجنتين	بيزو	61.21	73.13	67.64	100.9	138.77	126.71	145.43	162	225.14	252.02
	دولار	19.98	25.21	23.14	34.75	45.43	40.93	46.25	43.66	57.78	61.32
	الهامش	1.08	0.05	0.24	0.19	0.16	0.15	0.25	0.27	0.44	3.08

المصدر: من إعداد الباحث اعتمادا على معطيات :

Hugo HANNE, Les marchés de production et de consommation et les prix des biocarburants dans l'Union européenne et le monde

و بمقارنة الأسعار بين المناطق نجد أن الاتحاد الأوروبي يسجل السعر الأعلى و الذي بلغ 88.9 سنت/لتر في 2011 ما يجعل المنتوج الأوروبي الأقل تنافسية، بينما يسجل كل من الإيثانول البرازيلي و الأرجنتيني أعلى تنافسية، و يظهر ذلك بوضوح من خلال هوامش الإنتاج المحققة مقارنة بالأسعار الدولية فقد سجلت الأرجنتين هامش موجب طول الفترة فيما سجلت البرازيل هامش إنتاج سالب خلال سنتي 2010 و 2011 بينما

سجلت بقية المناطق هوامش إنتاج سلبية طول الفترة. و إذا اعتبرنا أن إنتاج مختلف المناطق يتم بيعه بالأسعار الدولية فإن الإنتاج الأرجنتيني فقط يعتبر الأكثر تنافسية متبوعا بالإيثانول البرازيلي.

ب) أسعار الديزل الحيوي: تبين البيانات المتاحة أن سعر إنتاج الديزل الحيوي عرف ارتفاعا في مختلف المناطق كما ارتفع السعر العالمي من 86.7 سنت/لتر سنة 2005 إلى 142.6 سنت/لتر في 2011 بمعدل نمو سنوي 8.6%، كما يظهر تقارب نسبي لأسعار الإنتاج مقيمة بالدولار الأمريكي بين الولايات المتحدة الأمريكية، البرازيل والاتحاد الأوروبي طول الفترة حول متوسط سعر بلغ 145 سنت/لتر في 2011، وقد سجلت الأرجنتين أدنى الأسعار بالدولار الأمريكي مقارنة ببقية المناطق مما يعطي تنافسية أعلى للديزل الحيوي الأرجنتيني مقارنة ببقية مناطق الإنتاج.

جدول رقم:(3-22): تطور سعر و هامش إنتاج الديزل الحيوي بالدولار الأمريكي في أهم مناطق الإنتاج

		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
السعر العالمي		86.69	91.66	104.74	150.78	112.10	118.87	142.56
الولايات المتحدة	السعر	86.71	94.87	104.74	150.78	112.10	118.87	142.56
	الهامش	(0.02)	(3.21)	00	00	00	00	00
البرازيل	السعر	90.35	95.86	109.18	155.09	115.90	124.38	152.16
	الهامش	(3.66)	(4.20)	(4.44)	(4.32)	(3.79)	(5.51)	(9.60)
الإتحاد الأوروبي	السعر	87.14	93.83	106.71	151.39	111.34	116.12	140.63
	الهامش	(0.44)	(2.17)	(1.97)	(0.61)	0.77	2.75	1.93
الأرجنتين	السعر	71.85	76.12	86.97	124.98	92.84	98.31	113.12
	الهامش	(14.85)	15.54	17.78	25.80	19.26	20.55	29.44

المصدر: من إعداد الباحث اعتمادا على نفس المرجع السابق

و تظهر هوامش الإنتاج المحققة مقارنة بالأسعار الدولية تفوق منتوج الأرجنتين الذي يحقق هامش موجب طول الفترة فيما يسجل الاتحاد الأوروبي هامش إنتاج موجب ابتداءا من سنة 2009، بينما يحقق المنتوج الأمريكي

هامشا معدوما ابتداءا من سنة 2007. أما البرازيل فعلى العكس من وضعية إنتاجها من الإيثانول فإن الديزل الحيوي البرازيلي غير تنافسي حيث يحقق هامش إنتاج سلبي طول الفترة التي تشملها البيانات.

و إذا اعتبرنا أن إنتاج جميع المناطق يتم بيعه بالأسعار العالمية فإن الديزل الحيوي الأرجنتيني فقط يعتبر الأكثر تنافسية، ثم الديزل الأوروبي ابتداءا من سنة 2009.

المطلب الثاني: تحليل الكفاءة الطاقوية للوقود الحيوي

1- المردودية الطاقوية للوقود الحيوي: تشير المردودية الطاقوية للوقود الحيوي إلى العلاقة بين كمية الطاقة (الأحفورية خاصة) المستهلكة في إنتاج الوقود والطاقة المنتجة من استهلاكه، فإذا كانت النسبة بين الطاقة المنتجة و الطاقة المستخدمة تساوي الواحد (1)، فإن ذلك يعني أن الوقود محايد طاقويا أي أنه لا يقدم أية إضافة لكمية الطاقة الموجودة؛ و عليه يجب أن تكون هذه النسبة أكبر من الواحد حتى يكون الوقود الحيوي ذو مردود طاقوي.

و تبين عدة دراسات أن الكفاءة الطاقوية للوقود الحيوي تختلف من نوع لآخر، حيث تتراوح قيمة النسبة على المستوى العالمي بين 1 إلى 4 بالنسبة للديزل الحيوي المنتج من زيت دوار الشمس و زيت بذور اللفت و فول الصويا، و أقل من 2 بالنسبة للإيثانول المنتج من الذرة الصفراء و بين 2 إلى 8 للإيثانول المنتج من قصب السكر.

و تعود الاختلافات الكبيرة في نسب الطاقة المنتجة و المستهلكة لأنواع الوقود الحيوي إلى عدة عوامل من أهمها نجد:

- الاختلاف في مردودية المواد الأولية المستخدمة فنجد مثلا أن قصب السكر يعطي أفضل مردودية لإنتاج الإيثانول حيث يمكن حصاد حقول القصب حوالي 7 مرات قبل إعادة زراعتها مرة أخرى، كما يمكن استخدام المخلفات كمصدر للطاقة في عملية التحويل و هو ما يمكن من استخدام و حدة واحدة من الطاقة الأحفورية للحصول على 8 وحدات من إيثانول قصب السكر إضافة إلى المنتجات الثانوية لا يتم إدماجها في التحليل في العديد من الدراسات، مما يؤثر في نتائج هذه الدراسات، ذلك أن المنتجات الثانوية يتم تثمينها و استغلالها في صناعات أخرى كالغليسيرين.

- كما يؤثر الموقع الجغرافي لإنتاج الوقود الحيوي في الكفاءة الطاقوية لهذا الأخير حيث تتباين إنتاجية المواد من دولة لأخرى فإنتاجية الذرة مثلا تختلف بين الولايات المتحدة الأمريكية و الصين.

- علاوة على ذلك فإن تكنولوجيا الإنتاج التي تشمل طرق إنتاج و جني المحصول و نقل المواد و الكفاءة التقنية لعملية التحويل تؤثر في الكفاءة الطاقوية للوقود الحيوي لكونها تؤثر مباشرة في كمية الطاقة المستخدمة في إنتاج هذا الأخير.

و على اعتبار أن إنتاج الوقود الحيوي يتطلب استخدام كمية معينة من الطاقة الأحفورية خلال مختلف مراحل الإنتاج، فإن حجم الوقود الأحفوري المقتصد فعلا سيكون منخفضا بالمقارنة مع المستويات الناتجة عن استخدام الوقود الحيوي. علاوة على أن العائد المحقق بالمقارنة مع الوقود النفطي لا يمكن أن يصل إلى مستوى 100%

و يوضح الجدول الموالي التفاوت في العائد الطاقوي للوقود الحيوي حسب مصادر الإنتاج مقارنة بالوقود النفطي، فرغم عدم تطابق النتائج الذي يعود إلى اختلاف منهجية التقدير إلا أن هناك تقاربا فيما يخص الديزل الحيوي كما نلاحظ بشكل عام أن كل أنواع الوقود الحيوي تعطي مردودا طاقويا إيجابيا من استهلاك الطاقة غير المتجددة مقارنة بالوقود النفطي بنسب متفاوتة.

جدول رقم(3-23): العائد الطاقوي من استهلاك الطاقة غير المتجددة لإنتاج الوقود الحيوي مقارنة بالوقود النفطي

	نتائج الدراسة الفرنسية ADEM/DIREM الوحدة: ميغا جول\ميغا جول			نتائج الدراسة الأوروبية JRC/EUCAR/CONCAWE الوحدة: ميغا جول\كيلومتر		
	وقود حيوي	وقود نفطي	العائد الطاقوي	وقود حيوي	وقود نفطي	العائد الطاقوي
إيثانول القمح	0.489	1.15	%57	1.68	2.16	%22
إيثانول بنجر السكر	0.488		%58	1.65		%24
إيثانول قصب السكر	-		-	0.2		%91
إيثانول سيليلوزي	-		-	0.51		%76
ديزل بذور اللفت	0.334	1.09	%69	0.73	2.05	%64
ديزل دوار الشمس	0.316		%71	0.54		%74
زيت بذور اللفت	0.214		%80	-		-
زيت دوار الشمس	0.183		%83	-		-
ديزل حيوي صناعي				0.12		%94

Source: IFP, Biocarburants: quels bilans sur l'environnement, Op cit.

2- المحتوى الطاقوي مقارنة بالوقود النفطي: المحتوى الطاقوي للوقود الحيوي منخفض مقارنة بالوقود النفطي حيث تبلغ القيمة الحرارية للإيثانول 75% من القيمة الحرارية للبنزين و ترتفع هذه النسبة إلى أكثر من 90% بالنسبة للديزل الحيوي مقارنة بالديزل النفطي. و بالتالي فإن المسافة المقطوعة بالنسبة للتر من الإيثانول تقل مقارنة بالوقود النفطي بمعدل 25%،[35] هذا الانخفاض في المحتوى الطاقوي للوقود الحيوي ينعكس في زيادة حجم للاستهلاك من الوقود تبعا لنسب المزج بالمحتوى الطاقوي، فإذا كانت r تمثل نسبة المزج بالمحتوى الطاقوي للوقود فإن نسبة الزيادة في استهلاك الوقود x تعطى بالعلاقة[36]:

$$x = r \cdot \frac{e1-e2}{e2}$$

حيث:

e_1: تمثل القدرة الحرارية الدنيا للوقود التقليدي (بنزين أو ديزل)

e_2: تمثل القدرة الحرارية الدنيا للوقود الحيوي (إيثانول أو ديزل حيوي)

فإذا كانت القدرة الحرارية الدنيا للإيثانول، البنزين، الديزل الحيوي و الديزل النفطي تقدر على التوالي بـ 21283، 32389، 33024 و 35952 كيلو جول في اللتر، فإن الزيادة النسبية في حجم استهلاك الوقود نتيجة لمزج 1% من الوقود الحيوي مع الوقود التقليدي تبلغ 0.52182% لوحدة الحجم من البنزين و 0.08866% بالنسبة للديزل، هذه النسب ترتفع بارتفاع نسب المزج، و هذا يعني أن كمية الوقود المستخدمة لقطع مسافة معينة سترتفع تماشيا مع ارتفاع نسب المزج، و بالتالي فإن المستهلكين سيدفعون أسعارا أعلى لقطع مسافة أقل بنفس الحجم من الوقود.

جدول رقم (3-24): الزيادة النسبية في حجم استهلاك الوقود النفطي تبعا لنسب المزج حسب الأهداف الأوروبية

نوع الوقود	البنزين		الديزل	
نسبة المزج	%5.75	%10	%5.75	%10
نسبة زيادة الاستهلاك	%3	%5.2182	%0.5098	%0.8866

المصدر: من إعداد الباحث

[35] راغدة حداد، مرجع سابق، ص 21

[36] Cour des compte, Op cit

يبين الجدول نسب زيادة الاستهلاك لوحدة الحجم من البنزين و الديزل في ضوء نسب المزج المحددة في الاتحاد الأوروبي، و تبدو هذه النسب متواضعة أو مهملة بالنسبة للمستهلك فاستخدام لتر من مزيج البنزين المحتوي على 5.75% من المكافئ الطاقوي من الإيثانول يؤدي إلى زيادة استهلاك البنزين بـ 0.03 لتر، أما بالنسبة للديزل فإن زيادة الاستهلاك تكون أقل و تقدر بـ 0.005 لتر؛ لكن بالنظر إلى الاستهلاك بصورة إجمالية فإن أثر الزيادة سيكون معتبرا، فاستهلاك مليار لتر من مزيج الوقود النفطي و الوقود الحيوي عند مستوى 5.75% يعني زيادة استهلاك البنزين بـ 30 مليون لتر و زيادة استهلاك الديزل بأكثر من 5 مليون لتر و بالتالي زيادة كمية النفط المطلوبة لإنتاج هذا الحجم الإضافي من البنزين و الديزل.

المطلب الثالث: تحليل الكفاءة البيئية للوقود الحيوي

تتفق عديد الدراسات على الآثار الإيجابية للوقود الحيوي في خفض انبعاث غازات الاحتباس الحراري مقارنة بنظيره من الوقود النفطي كما أشرنا إليه سابقا، و عليه سنركز في هذا المطلب على تحليل الآثار البيئية الأخرى للوقود الحيوي المتمثلة أساسا في الانبعاثات الملوثة و استنزاف الموارد الطبيعية و التي تتميز في معظمها بطابعها المحلي أو الإقليمي خلافا لغازات الاحتباس الحراري ذات الأثر الشامل.

1- التلوث الناجم عن استخدام الوقود الحيوي: يمثل الضباب الدخاني أو الضبخن أكثر ملوثات الهواء تعقيدا و صعوبة في السيطرة عليه، و هو لا ينبعث بصورة مباشرة من مصادر معينة و إنما يتكون في الجو نتيجة لتفاعلات كيميائية ضوئية بين أكاسيد النتروجين و المركبات العضوية الطيارة و أحادي أكسيد الكربون التي تنبعث من مصادر كثيرة ثابتة و متحركة كوسائل النقل و محطات البنزين و تكرير البترول وغيرها؛ و تنشط أشعة الشمس هذه التفاعلات التي ينتج عنها الأوزون، الذي يرتفع تركيزه مع ارتفاع درجة الحرارة.

تنبعث الملوثات المسببة لهذه الظاهرة في مرحلتي إنتاج و استهلاك الوقود الحيوي، فمستويات انبعاث المركبات العضوية الطيارة و أكاسيد النتروجين من الديزل الحيوي تماثل مستويات الديزل النفطي بينما يحقق الإيثانول مستويات تقل عن نظيره النفطي، بينما نجد أن مستويات انبعاث الهيدروكربونات العطرية (HAP) منخفضة في

الديزل الحيوي و مرتفعة بالنسبة للإيثانول مقارنة بالوقود النفطي، و الملاحظ أن هذه الانبعاثات ترتبط بالمرحلة الصناعية بالنسبة للديزل الحيوي و بمرحلة الاستهلاك بالنسبة للإيثانول[37].

و رغم أن الآثار البيئية للعديد من تلك الملوثات لا تزال غير معروفة بدقة إلا أن للضباب الدخاني تأثيرات ضارة عديدة على الصحة مثل التهابات الأغشية المخاطية للأنف، و يؤثر على كفاءة الرئتين في أداء وظائفهما، كما يمكن أن يؤدي إلى الإصابة بالحساسية و الاختناق؛ وكذلك للضباب الدخاني آثار كبيرة على المحاصيل الزراعية، والغابات، و الغطاء النباتي بشكل عام، و تقدر وكالة حماية البيئة الأمريكية الخسائر الناتجة عن ارتفاع تركيز الأوزون في الزراعة بما يتراوح بين مليارين و ثلاثة مليارات دولار سنويا.

2- التلوث الناجم عن إنتاج المواد الوسيطة: يتطلب الإنتاج الواسع للوقود الحيوي زراعات أحادية للمحاصيل الطاقوية و هو ما ينعكس في منافسة المحاصيل الغذائية على الرقعة الزراعية و التوسع على حساب الغابات مما يؤثر سلبا في خفض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري نتيجة للتغيرات المباشرة أو غير المباشرة في استخدام الأراضي الزراعية، و من أهم الآثار البيئية المرتبطة بالممارسات الزراعية لإنتاج الوقود الحيوي نجد ظاهرة تحمض التربة و تخضب المياه (eutrophisation) التي تتمثل في تغير الوسط الطبيعي بسبب وجود كميات زائدة من المواد المغذية كالفوسفور و الآزوت نتيجة لاستخدام الأسمدة في الزراعة أو النفايات الصناعية؛ ويتزايد الاهتمام بدراسة تأثير تلوث المياه و التربة نظرا لانعكاساته على نوعية المياه الجوفية و صعوبة معالجة المياه السطحية الملوثة و كذلك استمرار تزايد هذا النوع من التلوث و صعوبة التحكم فيه بسبب تعدد مصادره.

و يعتبر الوقود الحيوي المنتج من المواد السكرية و النشوية أهم متسبب في هذه الظاهرة، ففي الولايات المتحدة الأميركية التي تعتمد على محصول الذرة لإنتاج الإيثانول بينت دراسة لوكالة حماية البيئة الأمريكية أن هناك آثار بيئية سلبية يخلفها التوسع الكبير في مساحات إنتاج الذرة التي تحتاج إلى كميات كبيرة من الأسمدة والمبيدات، تظهر من خلال تلوث المياه و التربة، بسبب تسرب كميات متزايدة من الآزوت و الفوسفور في المجاري المائية نتيجة لإحلال زراعة الذرة محل زراعة فول الصوجا في منطقة شمال خليج المكسيك و هو ما أدى إلى ظهور المنطقة الميتة في المياه الساحلية للخليج، وهي عبارة عن مساحة من المحيط الأطلسي بحجم ولاية نيوجيرسي

[37] Voir: IFP, Biocarburants: quels bilans sur l'environnement, Op cit.

الأمريكية تحتوي على نسبة ضعيفة من الأوكسجين تجعلها غير صالحة للحياة[38] و تشير الدراسة إلى أن تزايد إنتاج إيثانول الذرة يمكن أن يشكل عائقا في التخفيض من حجم هذه المنطقة.

و تبين دراسات عديدة لتحليل دورة حياة الوقود الحيوي أن تأثيره السلبي في تخضب المياه يفوق تأثير الوقود النفطي.[39]

[38] محمد عصام اليماني، الوقود الحيوي و تحديات الزراعة و الغذاء و الطاقة، المؤتمر الرابع حول التكنولوجيات الحديثة في الزراعة، القاهرة، 2009، ص ص 903 – 904

[39] أنظر الملاحق

خلاصة الفصل:

من خلال تعرضنا لسياسات دعم إنتاج و استخدام الوقود الحيوي يمكن الخروج بخلاصة مفادها أن الوقود الحيوي يتمتع بدعم حكومي قوي لعدة اعتبارات أهمها دعم الصناعات الناشئة، و ذلك من خلال حزمة أدوات تتمثل أساسا في الحوافز الضريبية، الأهداف الكمية، الإعانات المالية و الرسوم الجمركية التي تستخدم لدعم و حماية الإنتاج المحلي، إضافة إلى حوافز التصدير بالنسبة للدول التي تستهدف الأسواق الدولية.

سياسات الدعم كان لها أثر هام في الزيادة الكبيرة التي عرفها حجم الإنتاج من الوقود الحيوي خاصة في الولايات المتحدة الأمريكية و الاتحاد الأوروبي، من خلال تخفيض تكاليف الإنتاج و حماية المنتوج المحلي من منافسة الوقود الحيوي الأقل تكلفة و المتمثل في الإيثانول البرازيلي و الديزل الحيوي الأرجنتيني

رغم الدور الإيجابي الذي لعبته سياسات الدعم في تنمية إنتاج الوقود الحيوي في كل من الولايات المتحدة الأمريكية و الاتحاد الأوروبي، إلا أن تكلفتها كانت كبيرة مقارنة بالدول النامية كالبرازيل في حالة الإيثانول والأرجنتين في حالة الديزل الحيوي، و هو ما يبين امتلاك هذه الدول لميزة تنافسية في إنتاج الوقود الحيوي تمكنها من منافسة الوقود النفطي و الوقود الحيوي الأمريكي و الأوروبي.

انعكست التكلفة العالية لسياسات الدعم الأمريكية و الأوروبية على جدوى تحقيق أهداف تنمية الوقود الحيوي المتمثلة أساسا في خفض التبعية النفطية و خفض انبعاث غازات الاحتباس الحراري و تنمية القطاع الزراعي وتخفيف أعباء دعمه، حيث كانت مساهمة الوقود الحيوي متواضعة في إحلال الواردات النفطية مع تكلفة إحلال عالية مقارنة بمتوسط أسعار النفط، كما هذا الدعم تحول إلى دعم للوقود النفطي و يظهر ذلك من خلال ارتفاع استهلاك البنزين في الولايات المتحدة الأمريكية بالتوازي مع زيادة دعم الإيثانول؛ من ناحية أخرى نجد أن تكاليف خفض انبعاث غازات الاحتباس الحراري عن طريق دعم الوقود الحيوي كانت عالية جدا مقارنة بأسعار حصص الانبعاثات في أسواق حقوق التلويث مما يجعل هذه السياسات غير مجدية اقتصاديا في خفض الانبعاثات.

يمتد تأثير سياسات الدعم إلى اقتصادات الدول النامية التي تمتلك قدرات لإنتاج الوقود الحيوي حيث تعمل هذه السياسات على تقويض الميزة التنافسية التي تمتلكها هذه الدول و بالتالي حرمانها من فرصة تطوير صناعة الوقود الحيوي و الاستفادة من المراحل المتقدمة و الأكثر جدوى من هذه الصناعة.

رغم الدعم الكبير للوقود الحيوي الأوروبي و الأمريكي إلا أنه يبقي يعاني من ضعف التنافسية في مواجهة الوقود النفطي نظرا لارتفاع تكاليف المواد الأولية المستخدمة في الإنتاج (الذرة بالنسبة للإيثانول الأمريكي و بذور

اللفت بالنسبة للديزل الحيوي الأوروبي) و التي تعتبر الأقل مردودية و الأقل كفاءة بيئيا مقارنة بالمواد المستخدمة في الدول النامية كقصب السكر و فول الصويا و زيت النخيل.

الفصل الرابع

انعكاسات توسع إنتاج واستخدام الوقود الحيوي على التنمية الزراعية و الأمن الغذائي في الدول النامية

تمهيد:

شهدت بداية القرن الحالي طفرة كبيرة في إنتاج و استخدام الوقود الحيوي على المستوى العالمي، تجسدت من خلال البرامج الواسعة التي تم إطلاقها من طرف أهم الفاعلين في سوق الوقود الحيوي، خصوصا الولايات المتحدة الأمريكية و الاتحاد الأوروبي حيث تميزت السياسة المعتمدة في كل منهما بحجم الدعم الحكومي الكبير للإنتاج والاستهلاك من أجل تحقيق الأهداف الطموحة المحددة في إطار تلك البرامج.

هذا النمو الكبير و المتسارع في إنتاج الوقود الحيوي شكل حدثا هاما على الساحة الاقتصادية العالمية، فالدعم الكبير الممنوح في هذا المجال انعكس على تنامي الطلب على المحاصيل الغذائية لإنتاج الوقود الحيوي في السنوات الأخيرة، و خلف آثار واضحة على أسواق السلع الزراعية الأساسية و السلع الغذائية، ترجمت في أزمة ارتفاع الأسعار الغذائية التي بلغت أوجها في سنة 2008، و هو ما أثار اهتمام العديد من الهيئات الدولية المختصة والجهات البحثية لدراسة الآثار المترتبة عن هذا النمو على أوضاع الزراعة و الغذاء في العالم.

في هذا السياق نحاول من خلال هذا الفصل مناقشة انعكاسات تنامي إنتاج و استخدام الوقود الحيوي في إطار البرامج الأمريكية و الأوروبية على الموارد الإنتاجية الزراعية المتمثلة أساسا في الأراضي الزراعية و موارد المياه، وتأثير ذلك على إمكانيات المساهمة في تحقيق التنمية الزراعية في الدول النامية، و الآثار المترتبة عن زيادة الطلب على المحاصيل الزراعية الغذائية على أسواق السلع الغذائية الأساسية من الحبوب و الزيوت النباتية من خلال تنامي الروابط بين أسواق الطاقة و أسواق السلع الزراعية الأساسية و علاقات هذه الأخيرة فيما بينها، و ما ينجر عن كل ذلك من آثار على الأمن الغذائي بكل أبعاده في الدول النامية.

لدراسة هذه النقاط قسمنا هذا الفصل إلى ثلاثة مباحث، يتناول المبحث الأول دراسة تأثير الوقود الحيوي على موارد الإنتاج الزراعي و إمكانيات مساهمته في التنمية الزراعية في الدول النامية، أما المبحث الثاني فيتناول تحليل العلاقة بين إنتاج الوقود الحيوي و أسواق السلع الزراعية الغذائية، بينما نتناول في المبحث الثالث الانعكاسات على أهم أبعاد الأمن الغذائي في الدول النامية.

المبحث الأول: تأثير إنتاج الوقود الحيوي على موارد الإنتاج والتنمية الزراعية في الدول النامية

يتيح إنتاج الوقود الحيوي العديد من الفرص و في الوقت نفسه مجموعة من المخاطر في مجال التنمية الزراعية والأمن الغذائي، حيث يمكن أن يعطي ديناميكية جديدة للقطاع الزراعي في الدول النامية من خلال استغلال المزايا النسبية التي تتمتع بها هذه الدول بشكل أكثر كفاءة و على نحو مستدام بما يسمح بتعزيز التنمية تخفيض الفقر، وبالمقابل يمكن أن يشكل إنتاج الوقود الحيوي تهديدا للتنمية الزراعية لكونه يعتبر منافسا للإنتاج الزراعي الغذائي على قاعدة الموارد الإنتاجية. وعليه يظهر أن العلاقة بين إنتاج الوقود الحيوي و التنمية الزراعية تتسم بنوع من التعقيد الذي يتطلب الموازنة الدقيقة بين المخاطر و الفرص المتاحة.

المطلب الأول: حالة العوامل المحددة للتنمية الزراعية

يعد القطاع الزراعي من أهم القطاعات الاقتصادية في كل دول العالم، و تكتسي التنمية الزراعية طابعا استراتيجيا لدورها في توفير الاحتياجات الغذائية للسكان و توفير الدخل.

تعتمد التنمية الزراعية بصورة أساسية على الامكانات المتاحة من الموارد الأساسية للإنتاج و حالتها و حسن استغلالها.

1- **الموارد البشرية:** و يتم النظر إليها من زاويتين، فهي من جهة تمثل المستهلكين الذين تعمل الزراعة على تلبية احتياجاتهم الغذائية، و من جهة أخرى هم المنتجون الذين يعملون على استثمار الموارد الطبيعية لتحقيق الإنتاج الزراعي المطلوب. و يشكل تزايد أعداد السكان عاملا أساسيا في ارتفاع الطلب على الغذاء نظرا لتغير أنماط الغذاء وكميته المطلوبة بسبب التحولات الديمغرافية و تحسن مستويات المعيشة، إضافة إلى الضغط على الموارد الطبيعية نتيجة الاقتطاع منها لأغراض أخرى غير غذائية.

2- **الموارد الطبيعية الزراعية:** تمثل القاعدة الأساسية للإنتاج الزراعي و تتمثل في:

أ) **الأراضي الزراعية:** تمثل العامل المحوري للنشاط الزراعي و تشمل كل الأراضي التي تدخل في مجال الاستثمار الزراعي من الأرضي المستغلة في الإنتاج الزراعي النباتي، الغابات، المراعي و الأراضي المتروكة. و تقدر مساحة

الأراضي الصالحة للزراعة عالميا بحوالي 6.5 مليار هكتار[1] بينما تشير تقديرات منظمة الأغذية و الزراعة إلى أن المساحة الزراعية المتاحة من الأراضي البعلية (الأراضي التي تعتمد على الري من الأمطار) تبلغ 4.152 مليار هكتار تمثل المساحة المزروعة منها فعلا 1.563 مليار هكتار أي حوالي 38% فقط، معظمها مساحات بعلية يعتمد استغلالها على مياه الأمطار تشكل 80% من المساحة المزروعة، وقد عرفت هذه المساحة تراجعا طفيفا بـ 0.2 % ما بين سنتي 1961 و 2009، بينما شهدت المساحات المروية توسعا كبيرا خلال نفس الفترة بارتفاعها من 139 مليون هكتار إلى 301 مليون هكتار.[2]

و تشير المنظمة إلى أن حوالي 55% من الرقعة الزراعية العالمية مخصصة لإنتاج الحبوب التي تمثل أهم المحاصيل الزراعية في العالم، هذه المساحة عرفت توسعا طفيفا بـ 8% خلال الفترة 1960 إلى 2010 حيث ارتفعت من 640 مليون هكتار إلى 689 مليون هكتار، و يعود ذلك إلى تبني نمط الزراعة الكثيفة منذ منتصف القرن الماضي الذي مكن من رفع إنتاجية وحدة المساحة، و بالتالي تحقيق حجم إنتاج كبير دون الحاجة إلى توسيع الرقعة الزراعية.

غير أنه مع تراجع متوسط إنتاجية الأراضي الزراعية عالميا منذ التسعينيات نتيجة لحدود القدرة البيولوجية وتقلص الإنفاق على الأبحاث الزراعية، و في ظل نمو الطلب على السلع الزراعية، فإن زيادة العرض من هذه السلع يتطلب توسيع المساحة الزراعية، و في هذا السياق تشير تقديرات المساحة القابلة للاستغلال الزراعي في العالم إلى توفر مخزون من هذه الأراضي يبلغ حوالي 250 مليون هكتار من الأراضي البعلية التي يمكن استغلالها بتكاليف منخفضة و دون الحاجة إلى الري، موزعة على أمريكا الشمالية و أمريكا الجنوبية بـ 80 مليون هكتار لكل منهما، و أوروبا الشرقية و جنوب آسيا و شرق إفريقيا بحوالي 30 مليون هكتار لكل منطقة.

هذه الوفرة في الأراضي الزراعية ينبغي أن ينظر إليها بصورة نسبية من حيث دقة التقديرات و ما تتعرض له الأراضي الزراعية من التدهور الكمي أي انخفاض متوسط نصيب الفرد من المساحة الزراعية نتيجة للتوسع الحضري و تزايد أعداد السكان، و التدهور النوعي أي تدهور خصوبتها بسبب عدة عوامل كالتصحر والانجراف، ارتفاع الملوحة و صعود المياه، إضافة إلى التغيرات المناخية التي تؤثر سلبا القدرة الإنتاجية للأرض الزراعية.

ب) الموارد المائية: تمثل الموارد المائية المحرك الرئيس للإنتاج الزراعي، و تعتبر الزراعة أكثر القطاعات استهلاكا للمياه إذ تستحوذ على 70% من الموارد المائية المستهلكة عالميا، تشمل المصادر التقليدية من مياه الأمطار

[1] عبد المنعم مصطفى المقمر،الإنفجار السكاني و الاحتباس الحراري، سلسلة عالم المعرفة، العدد 391، المجلس الوطني للثقافة و الفنون و الآداب، الكويت، 2012، ص 131

[2] منظمة الأغذية و الزراعة للأمم المتحدة، حالة الموارد من الأراضي و المياه في العالم للأغذية و الزراعة، روما 2011، ص 14 متوفر على الرابط: http://www.fao.org/docrep/015/i1688a/i1688a00.pdf تاريخ الاطلاع: 03/03/2015

والمجاري المائية أو المياه الجوفية، أو من المصادر غير التقليدية كتحلية مياه البحر أو إعادة تدوير المياه المستعملة. ورغم أن الزراعة البعلية تمثل النمط الغالب في الإنتاج إلا أن المساحات المروية تعرف توسعا مطردا بنسبة 0.6% سنويا، تعتمد حوالي 40% من هذه المساحات على الري باستخدام المياه الجوفية.[3]

و كما هو الحال بالنسبة للأراضي الزراعية، تعاني الموارد المائية من تدهور كمي نتيجة التزايد السكاني و سوء استخدام هذا المورد، و تدهور نوعي يعود أساسا إلى التلوث، و في هذا الإطار تواجه الزراعة تحديات عديدة لتلبية احتياجات السكان المتزايدين فيما يتعلق بمنافسة استخدامات المياه للأغراض المنزلية و الصناعية من جهة والتنافس داخل القطاع الزراعي نفسه ما بين احتياجات الثروة الحيوانية و المحاصيل الغذائية و المحاصيل غير الغذائية من جهة أخرى و كذلك زيادة الاعتماد على تربية المائيات في المسطحات المائية الداخلية، إضافة إلى التغيرات المناخية التي أصبح تأثيرها واضحا موجات الجفاف التي تمس مناطق عديدة من العالم، مما يفرض ضغوطا متزايدة على موارد المياه المتوفرة و خاصة المياه الجوفية التي تتميز ببطء معدلات تجددها

3- **إنتاجية المحاصيل:** تمثل إنتاجية المحاصيل الزراعية عاملا مهما في تحديد حجم الإنتاج الزراعي، حيث شكلت أهم عوامل زيادة الإنتاج الزراعي العالمي في الفترة التي أعقبت الحرب العالمية الثانية، و التي شهدت اهتمام الدول بقضية الغذاء و التنمية الزراعية، خاصة الدول النامية و حديثة الاستقلال، و كان الاهتمام في هذه المرحلة منصبا على تعظيم الإنتاج كميا من أجل توفير الاحتياجات الغذائية للسكان عن طريق الاستخدام الأقصى للموارد المتاحة و استغلال الإمكانيات الإيجابية التي تتيحها التكنولوجيا لتحسين مردودية الإنتاج مع التغاضي عن جوانبها السلبية، و شهدت هذه الفترة ارتفاعا كبيرا في إنتاجية المحاصيل إلى درجة شكلت فيها الفوائض المزمنة في الإنتاج و الأسعار المنخفضة بعض المشاكل للمزارعين خلال خمسينيات القرن العشرين، و يشير الاقتصادي ويلارد كوتشرين في سنة 1965 إلى أنه بفضل الثورة التكنولوجية في الزراعة الأمريكية شهد العقد السابق أعظم زيادة في الكفاءة الإنتاجية مقارنة بأي عشر سنوات من تاريخ الزراعة الأمريكية.[4]

و قد استمر ارتفاع إنتاجية المحاصيل الزراعية خلال الستينيات و السبعينيات و حتى الثمانينيات من القرن الماضي في أنحاء كثيرة من العالم لكن ذلك ترافق مع ارتفاع الطلب على محاصيل الحبوب في منتصف السبعينيات، في ظل ظروف مناخية غير ملائمة و ارتفاع أسعار النفط مما أدى إلى ارتفاع أسعار المدخلات الزراعية و بالتالي ارتفاع

[3] نفس المرجع السابق

[4] كارلايل فورد رانغ و كارلايل بيل رانغ، ضد التيار: الأسباب التي تجعل عدم إنجاز الثورة الخضراء يأتي بالمجاعة القادمة، ترجمة: إنصاف الباير، مجلة الثقافة العالمية، العدد 162، المجلس الوطني للثقافة و الفنون و الآداب، الكويت، 2011، ص 26

أسعار المنتجات الغذائية، و هو ما انعكس في حدوث أزمة الغذاء العالمية الأولى التي تلاشت بعد انعقاد مؤتمر قمة الغذاء العالمي بروما سنة 1974.[5]

جدول رقم(4-1): معدلات النمو السنوية المتوسطة لإنتاجية محاصيل الحبوب 1960 – 2010

الفترة	معدل النمو السنوي المتوسط
1960 – 1970	%2.36
1970 – 1980	%1.96
1980 – 1990	%2.52
1990 – 2000	%0.9
2000 - 2010	%1.48

المصدر: من إعداد الباحث اعتمادا على معطيات وزارة الزراعة الأمريكية على الرابط:

www.fas.usda.gov/psdonline

وباعتبار الحبوب أهم المحاصيل الزراعية الغذائية فقد عرفت إنتاجيتها نموا مطردا منذ ستينيات القرن الماضي بارتفاع متوسط إنتاجية الهكتار عالميا من 1.06طن إلى 3.21 طن بين سنتي 1960 و 2010 بمعدل نمو سنوي متوسط قدره 1.84%؛ غير أن نمو الإنتاجية خلال العشرين سنة الأخير تميز بنوع من التباطؤ، فقد انخفض معدل النمو السنوي المتوسط للإنتاجية من 2.28% خلال الفترة 1960 – 1990 إلى 1.19% خلال الفترة 1990 – 2010.

و توضح بيانات منظمة الأغذية و الزراعة وجود تراجع في معدلات الإنتاجية للعديد من المحاصيل كما هو مبين في الجدول (2 – 4) الذي يوضح تراجع إنتاجية أهم المحاصيل المستخدمة في إنتاج الوقود الحيوي باستثناء قصب السكر، حيث يسجل محصولا القمح و الصويا أهم نسبة تراجع بـ (-6.7) % و (-5.9) % سنويا على التوالي.

جدول رقم(4-2): معادلات تقدير نمو الإنتاجية السنوية لأهم محاصيل إنتاج الوقود الحيوي 1962 - 2009

المحصول	القمح	الذرة	قصب السكر	فول الصويا	اللفت
النموذج	y=-0.067x+3.969	y=-0.027x +2.976	y=0.002x +0.641	y= -0.059x +3.115	y= -0.032x +3.736

المصدر: قاعدة بيانات منظمة الأغذية و الزراعة على الرابط: http://faostat.fao.org/

[5] الصادق عوض بشير، تحديات الأمن الغذائي العربي،الدار العربية للعلوم ناشرون، بيروت، 2009، ص 13

هذا التراجع في الإنتاجية يمكن تفسيره بعدة عوامل من أهمها تراجع الخصوبة الطبيعية للأراضي الزراعية خاصة في مناطق التكثيف الزراعي، كما أن تنامي الوعي البيئي في الدول المتقدمة خاصة مع بداية تسعينيات القرن الماضي و تفضيل المنتجات البيولوجية أدى إلى تراجع نسبي في استخدام الأسمدة الكيميائية مما أثر على حجم الإنتاج، هذا بالإضافة إلى عامل التغيرات المناخية الذي يساهم في زيادة تدهور الأراضي الزراعية، و يظهر ذلك في فترات الجفاف التي تجتاح عدة مناطق من العالم و التغيرات المناخية التي يترتب عنها انعكاسات سلبية على إنتاج الغذاء و الزراعة بوجه عام، كاختفاء مساحات من الأراضي الزراعية في المناطق الساحلية و الجزر نتيجة ارتفاع مستوى سطح البحر، كما أن تآكل طبقة الأوزون يؤدي إلى نقص إنتاجية العديد من المحاصيل الزراعية، و يؤثر في سلسلة الغذاء البحرية وبالتالي في إنتاج الأسماك، علاوة على التلوث بمختلف أشكاله و مصادره و الذي يمس الموارد المائية و الأراضي وينعكس على نوعية و كمية الإنتاج الزراعي.

ففي ظل محدودية الموارد و التزايد السكاني سيتناقص متوسط نصيب الفرد من الغذاء إذا لم يكن هناك تحسن في إنتاجية المحاصيل، و هنا تلعب التكنولوجيا دورا مهما في تحسين الإنتاجية، و يشير كثير من العلماء إلى توفر إمكانيات كبيرة لتحسين إنتاجية المحاصيل الزراعية خاصة في الدول النامية، ذلك أن مستويات الإنتاجية في معظم هذه الدول منخفضة مقارنة بالمستويات التي يحققها المزارعون في الدول المتقدمة و كذلك بالنسبة لمعدلات الإنتاجية العالمية لمختلف المحاصيل الزراعية.

المطلب الثاني: أثر الوقود الحيوي على المتاح من الموارد الإنتاجية الزراعية

تعتبر الموارد المائية و الأراضي الزراعية أهم الموارد الطبيعية التي تتأثر بالتوسع في إنتاج الوقود الحيوي، فاستخدام هذه الموارد (الموارد المائية بشكل خاص) يشمل مختلف مراحل إنتاج هذا الوقود، و هو ما يؤثر بشكل مباشر على الحجم المتاح من هذه الموارد و نوعيتها.

1- التأثير على المتاح من الأراضي الزراعية: يتزايد توسع إنتاج المحاصيل الزراعية الموجهة لإنتاج الوقود الحيوي عموديا وأفقيا من خلال تكثيف زراعة هذه المحاصيل و زيادة الرقعة الزراعية المخصصة لها، فحسب تقديرات منظمة الزراعة والأغذية العالمية ارتفعت المساحة المخصصة لإنتاج محاصيل الوقود الحيوي عبر العالم من 13.8 مليون هكتار أي 0.9% من المساحة الزراعية الكلية في ستة 2004 إلى 26.6 مليون هكتار في سنة 2007 لتصل إلى 35.7 مليون هكتار في سنة 2008 تحت تأثير برامج رفع الإنتاج، تتوزع هذه المساحة بشكل أساسي

على الولايات المتحدة الأمريكية و كندا بـ 17.5 مليون هكتار، الاتحاد الأوروبي بـ 8.3 مليون هكتار و أمريكا اللاتينية بـ 6.4 مليون هكتار.[6]

هذا التوسع ينعكس على البصمة البيئية للوقود الحيوي فيما يخص الأراضي الزراعية، التي تتحدد اعتمادا على قدرة الإنتاج البيولوجية للأراضي الزراعية التي تعتمد بدورها على عاملي حجم المساحة المنتجة و إنتاجية الهكتار من هذه المساحة لتلبية متطلبات الاستهلاك و استيعاب المخلفات في حدود قدرة التدوير البيئية.

جدول رقم (4-3): تقدير المساحة المطلوبة لإنتاج الوقود الحيوي حسب الأهداف الأوروبية والأمريكية في 2020 و 2022 على التوالي

	حجم الإنتاج (مليار لتر)	الإنتاجية البيولوجية للكتلة الحيوية[7] (لتر\هكتار)	المساحة المطلوبة (مليون هكتار)	إنتاجية المحاصيل الطاقوية* (لتر\هكتار)	المساحة المطلوبة (مليون هكتار)	المساحة الزراعية (مليون هكتار)
الولايات المتحدة الأمريكية	136.285	279.146	488.19	3751	36.33	177
الاتحاد الأوروبي	28.312	165.25	171.33	1500	18.87	175.815

المصدر: من إعداد الباحث

* اعتمدنا محصول الذرة لإنتاج الإيثانول بالنسبة للولايات المتحدة الأمريكية و بذور اللفت لإنتاج الديزل الحيوي بالنسبة للاتحاد الأوروبي.

الجدول أعلاه يوضح الاحتياجات من الأراضي الزراعية لإنتاج الحجم المستهدف من الوقود الحيوي في الولايات المتحدة الأمريكية في سنة 2022 (36 مليار غالون من الإيثانول) و في الاتحاد الأوروبي (10% من استهلاك الديزل)، فاعتمادا على القدرة البيولوجية يتطلب الأمر حوالي ثلاثة أضعاف المساحة الزراعية في الولايات المتحدة الأمريكية و كامل المساحة الزراعية الأوروبية تقريبا، أما بالاعتماد على الزراعات الطاقوية بما تنطوي عليه من استعمال كثيف للأسمدة و المبيدات و المياه فإن الأمر يتطلب حوالي 20% من الساحة الزراعية الأمريكية

[6] UNEP, Op.Cit. p 37

[7] اعتمدنا في حساب الإنتاجية البيولوجية للكتلة الحيوية على متوسط المحتوى الطاقوي في النبات المقدر بـ 4300 كالوري\غرام و إنتاجية متوسطة للمتر المربع قدرها 3300 غرام مع العلم أن القدرة الحرارية الدنيا للإيثانول هي 21283 كيلوجول \لتر و للديزل الحيوي 35952 كيلوجول\لتر

و10% من المساحة الزراعية الأوروبية، أي أكثر من ضعف المساحة المخصصة لهذه الزراعات في سنة 2008 في المنطقتين، وهذا يعني أن تحقيق أهداف التوسع في الإنتاج ستكون على حساب القدرة البيولوجية للأراضي الزراعية و يولد عجزا في قدرتها على تلبية المتطلبات الأساسية نتيجة لتوسع الزراعات أحادية المحصول و نمط الزراعة الكثيفة من جهة، ومن جهة أخرى و في ظل تراجع إنتاجية أهم المحاصيل الزراعية المستخدمة في إنتاج الوقود الحيوي فإن هذا التوسع سيكون على حساب مساحات الأراضي الزراعية المنتجة للمحاصيل الغذائية و يزيد من تدهورها من خلال تزايد معدلات التلوث أو التوسع على حساب المراعي والغابات مما يمكن أن ينجر عنه نتائج خطيرة على البيئة و المناخ.

2- أثر تغير استخدام الأراضي الزراعية: من الواضح أن متطلبات تحقيق المستويات المستهدفة من إنتاج الوقود الحيوي وإحلاله محل الوقود النفطي تتجاوز حدود قدرة القطاع الزراعي، إذ يتطلب مساحات كبيرة قد لا تتوفر بالشكل المطلوب و بالتالي إحلال الزراعات الطاقوية محل المحاصيل الغذائية الأساسية، و مع ذلك فإن هذا الافتراض لن يغطي سوى 57% من متطلبات الإنتاج؛ هذا الإحلال ولو بصورة جزئية سيكون له تأثير مباشر على طبيعة استغلال الأراضي الزراعية، كما هو الشأن بالنسبة لإحلال زراعة الذرة لإنتاج الإيثانول في الولايات المتحدة الأمريكية محل زراعة فول الصويا التي حلت بدورها محل إنتاج محاصيل أخرى و بالتالي تحويل مساحات من المراعي و الغابات لإنتاج هذه المحاصيل.

بالنسبة للدول النامية التي تعاني عجزا في إنتاج الغذاء قد يكون التأثير أكثر عمقا من خلال تحويل مساحات متزايدة من الأراضي الزراعية إلى إنتاج محاصيل الوقود الحيوي عبر صفقات كبيرة تجعل من هذه الأراضي سلعة يعتمد استغلالها على ما هو أكثر ربحية. فالتوسع الصيني في إنتاج الوقود الحيوي مع منع استخدام المحاصيل الغذائية دفع المنتجين إلى عقد صفقات لاستئجار مساحات من الأراضي الزراعية في الفلبين و كمبوديا و اللاوس و دول أخرى مما يلحق أضرارا بالسكان المحليين الذين يعتمدون على هذه الأراضي لإنتاج احتياجاتهم الغذائية. ولعل من أبرز الأمثلة في هذا المجال خطة شركة Daewoo Logistics الكورية لشراء عقد تأجير حوالي 1.2 مليون هكتار من الأراضي الزراعية في مدغشقر لإنتاج الذرة و زيت النخيل من أجل إنتاج الوقود الحيوي لمدة تسع وتسعين سنة.[8]

[8] والدن بيلو و مارا بافيرا، حروب الغذاء، ترجمة إنصاف البابر، مجلة الثقافة العالمية، العدد 162، المجلس الوطني للثقافة و الفنون و الآداب، الكويت، ص 41

إلى جانب آثار توسع إنتاج محاصيل الجيل الأول من الوقود الحيوي، يترتب على التوجه إلى الجيل الثاني بدوره انعكاسات على استغلال الأراضي الزراعية من خلال تحويل جزء من هذه الأراضي لإنتاج المواد الوسيطة، وكذلك حرمان هذه الأراضي من المواد العضوية وبالتالي تدهور خصوبتها الطبيعية و زيادة الحاجة إلى الأسمدة الكيميائية والمدخلات الزراعية الأخرى للمحافظة على الإنتاجية. و عليه يظهر أن التحول إلى الجيل الثاني الذي يفترض أن يحل مشكلة المنافسة على تخصيص المحاصيل الزراعية بين إنتاج الوقود الحيوي و إنتاج الغذاء، فإنه يطرح في الوقت نفسه مشكلة المنافسة على موارد الإنتاج الزراعي.

3- التأثير على الموارد المائية: تعتبر الطاقة المنتجة من الكتلة الحيوية الأكثر كثافة في استهلاك المياه، و ذات بصمة مائية عالية مقارنة بمصادر الطاقة الأخرى، إذ تتطلب استخدام ما بين 40 إلى 700 ضعف من كمية المياه التي تتطلبها باقي مصادر الطاقة بما فيها الوقود الأحفوري، فإنتاج واحد جيغا جول من طاقة الوقود الأحفوري يتطلب في المتوسط استخدام متر مكعب واحد من المياه، بينما يتطلب إنتاج نفس الكمية من الطاقة من الكتلة الحيوية استخدام ما بين 24 إلى 146 متر مكعب من المياه.

تعتبر المرحلة الزراعية المرحلة الأكثر استهلاكا للمياه إذ تتركز 90% من المياه المستخدمة في إنتاج الوقود الحيوي في زراعة المواد الأولية، فإنتاج لتر من الإيثانول باستخدام قصب السكر يتطلب 1333 لتر من المياه لري المحصول، و 857 لتر باستخدام الذرة، أما إنتاج الديزل الحيوي من فول الصوجا أو بذور اللفت فإنه يتطلب كميات أكبر تصل إلى 10000 لتر من المياه لكل لتر من الديزل الحيوي، كما أن المحاصيل غير الغذائية تتطلب كميات كبيرة من المياه للوصول إلى مستويات الإنتاجية الاقتصادية كما هو الحال بالنسبة لنبات الجاتروفا التي تعتبر من نباتات المناطق الجافة إلا أنها تتطلب الري بمعدلات تصل إلى 14250 لتر من المياه لإنتاج لتر من الديزل الحيوي.[9]

على خلاف المرحلة الزراعية، تتطلب المرحلة الصناعية استخدام كميات مياه أقل تتراوح بين 2.5 و30 لتر من المياه لكل لتر من الوقود الحيوي؛ وقد قدرت كمية المياه المستخدمة في إنتاج الوقود الحيوي في سنة 2007 بحوالي 45 مليار متر مكعب، أي أكثر من ستة أضعاف كمية مياه الشرب المستخدمة في نفس السنة[10].

على الرغم من أن كميات المياه المستخدمة في إنتاج الوقود الحيوي تعتبر متواضعة مقارنة بمتطلبات الإنتاج الزراعي الغذائي، إلا أن الاتجاه العام لتزايد إنتاج الوقود الحيوي في ظل الأهداف المحددة في أهم مناطق الإنتاج

[9] European Commission, https://ec.europa.eu/europeaid/sites/devco/files/study-impact-assesment-biofuels-production-on-development-pcd-201302_en_2.pdf, p 79 et 80 consulté le : 3/3/2015
[10] UNEP, op cit, p 31

وسعي العديد من الدول النامية إلى دخول هذا السوق يجعل الوقود الحيوي منافسا حقيقيا للإنتاج الزراعي الغذائي على الموارد المائية مع تنامي الاعتماد على الري وفي ظل التغيرات المناخية التي تزيد من حدة مشكل ندرة الموارد المائية مما يؤدي إلى تفاقم هذا المشكل في العديد من المناطق التي تعاني أصلا من شح الموارد المائية و التي تعتمد أساسا على الري في إنتاج المحاصيل الطاقوية.

4- التأثير على العمالة الزراعية: ترتبط الكفاءة الاقتصادية لمشاريع إنتاج الوقود الحيوي بالاستثمارات القائمة على الحيازات كبيرة الحجم و نظم الإنتاج كثيفة رأس المال التي تعتبر ضرورة للمنافسة في الأسواق الدولية، لكنها في الوقت نفسه يمكن أن تلحق أضرار اقتصادية فيما يتعلق بخلق فرص العمل و الرفع من دخل المزارعين في الدول النامية؛ فمن الواضح أن هذا القطاع ذو الكثافة الرأسمالية لا يعتبر قطاعا مثاليا لاستيعاب الأيدي العاملة كما أوضحنا سابقا في حالة الولايات المتحدة الأمريكية و الاتحاد الأوروبي، و هذا الوضع يمكن أن ينسحب على الدول النامية أيضا، فالنموذج البرازيلي رغم أهميته في مجال الاستثمار الزراعي إلا أنه محل انتقادات كثيرة في العديد من الدراسات فيما يتعلق بظروف الإنتاج و أوضاع العمالة الزراعية في مشاريع إنتاج قصب السكر الواسعة النطاق، فالمكننة المتزايدة لهذه المشاريع تزيد من تراجع الطلب على العمالة الزراعية التقليدية، علاوة على ظروف العمل السيئة و التي تدفع بأعداد متزايدة من الأيدي العاملة الزراعية إلى النزوح نحو مناطق تتوفر فيها فرص عمل أفضل و هو ما يزيد من أعباء استيعاب تلك العمالة و تأهيلها بما يتوافق مع فرص العمل الجديدة المتاحة خارج نطاق القطاع الزراعي.

المطلب الثالث: إنتاج الوقود الحيوي كحافز للتنمية الزراعية في الدول النامية

يمكن أن يمثل الوقود الحيوي حافزا للتنمية الزراعية في الدول النامية من خلال ما يلي:

1- متطلبات مساهمة الوقود الحيوي في التنمية الزراعية: ينطوي التوسع في إنتاج و استخدام الوقود الحيوي على العديد من الفرص الكامنة لتحقيق تنمية زراعية في الدول النامية من خلال مشاركتها في مختلف مراحل إنتاجه و تجارته الدولية، لكن ذلك يرتبط بالقدرة على توفير المناخ الاستثماري الملائم و توفر مجموعة الشروط الاقتصادية التي تضمن بأن يساهم إنتاج الوقود الحيوي في تحقيق التنمية الزراعية و المساهمة في خلق مناصب الشغل و الحد من الفقر و التي تتمثل أساسا في:

- استخدام أساليب الإنتاج كثيفة العمل
- العمل على تنمية بنية تحتية لإنتاج الوقود الحيوي محليا

- ضمان إنتاج و استهلاك جزء كبير من الوقود الحيوي في الأسواق المحلية
- الاعتماد على الأراضي الهامشية وغير المستغلة لإنتاج محاصيل الوقود الحيوي

كما يمكن أن نضيف ضرورة ألا يشكل إنتاج الوقود الحيوي تهديدا لحالة الأمن الغذائي في البلدان المنتجة.

2- عوامل مساهمة الوقود الحيوي في التنمية الزراعية: تمتلك الدول النامية ميزات تنافسية تتعلق بعوامل الإنتاج الزراعي يمكن استغلالها في مجال إنتاج الوقود الحيوي كأحد روافد التنمية الزراعية، و ذلك في ضوء تجربة البرازيل في هذا المجال.

أ) عوامل الميزة التنافسية للدول النامية في إنتاج الوقود الحيوي: تمتلك الدول النامية مقومات إنتاجية هامة تمكنها من إنتاج الوقود الحيوي بصورة تنافسية مقارنة بالدول المتقدمة، فحسب مفهوم الميزة التنافسية الذي يشير إلى أنها تشمل كل عنصر يمنح مؤسسة أو بلد معين تفوقا على منافسيه الحاليين في صناعة معينة، فإن الكثير من الدول النامية تملك ميزة تنافسية مرتبطة بعاملي الأرض و العمل، وهي ميزة مستدامة بحيث لا يمكن محاكاتها أو تقليدها.

- الميزة التنافسية المرتبطة بالأراضي الزراعية: تنطوي العديد من الدول النامية على ميزة تنافسية عالية تتمثل في وفرة الأراضي الزراعية خاصة في المناطق الاستوائية التي تتميز بظروف مناخية ملائمة للإنتاج الزراعي، و تأتي الدول الإفريقية في المقدمة حيث أن المساحة الزراعية المستغلة فعلا لا تتجاوز 228 مليون هكتار من المساحة الإجمالية المقدرة بحوالي 1031 مليون هكتار أي 22.11% فقط مما هو متاح، و الأمر نفسه نلاحظه في أمريكا الجنوبية أين لم تتجاوز نسبة الاستغلال 19.04% من المساحة الزراعية المتاحة و المقدرة بحوالي 1066 مليون هكتار.[11]

هذه الوفرة في الأراضي الزراعية تمنح الدول النامية أفضلية مقارنة بالدول المتقدمة التي لا تمتلك هذا القدر من المساحات الزراعية علاوة على أنها تستخدم جزء كبيرا من المساحات الزراعية المتاحة لديها، و بالتالي فإن توسيع الإنتاج سيمتد حتما إلى أراض ذات خصوبة أقل و إنتاجية أقل خاصة بالمقارنة بالدول الاستوائية التي تستفيد من إنتاجية عالية طبيعية نتيجة للعوامل المناخية الملائمة و بالتالي إمكانية الإنتاج بتكاليف أقل و هو الواقع الفعلي في كل من البرازيل و الأرجنتين اللتان تنتجان الوقود الحيوي بتكاليف أدنى من مثيلاتها في الولايات المتحدة الأمريكية و الاتحاد الأوروبي على التوالي.

[11] Alain Durand-Lasserve et Etienne Le Roy, évolution à long terme de la situation foncière en Afrique subsaharienne - proposition d'un cadre d'analyse, Annual World Bank Conference on Land Policy and Administration, Washington, April 26 and 27, 2010, p22

و رغم أن أغلب الدول النامية لا تمتلك الإمكانيات المالية المتوفرة للدول المتقدمة، إلا أن عامل وفرة الأراضي الزراعية و نوعيتها يعطيها ميزة نسبية أكيدة، فاقتصاديا تتخصص الدول في إنتاج السلع كثيفة الاستخدام للعنصر الإنتاجي الأكثر وفرة نسبية لديها مقارنة بمنافسيها، و استنادا إلى ذلك فإن الدول النامية تتمتع بوفرة نسبية للأراضي الزراعية التي تمثل العنصر الإنتاجي الأكثر كثافة في إنتاج الوقود الحيوي مقارنة بالدول الصناعية، مما يسمح لها بإنتاج الوقود الحيوي بتكاليف متدنية و يمنحها إمكانية الريادة في السوق من خلال الهيمنة عن طريق التكلفة.

- **الميزة التنافسية المرتبطة بعنصر العمل:** إضافة إلى الميزة التنافسية المتعلقة بالأراضي الزراعية تمتلك الدول النامية ميزة تنافسية تتعلق بتكلفة اليد العاملة التي تعتبر منخفضة مقارنة بالدول الصناعية سواء في القطاع الزراعي أو القطاع الصناعي، فمتوسط تكلفة ساعة العمل في الاتحاد الأوروبي بلغت 24.2 أورو للساعة في سنة 2012[12] أما في الولايات المتحدة الأمريكية فبلغت 23.32 دولار للساعة، بينما نجد هذه التكلفة متدنية في الدول النامية حيث تقدر على سبيل المثال بـ 5.41 دولار بالنسبة للبرازيل 8.68 دولار في الأرجنتين وتصل إلى 1.41 دولار في الفلبين.[13]

هذه المستويات من تكلفة العمل تعطي أفضلية للدول النامية في إنتاج الوقود الحيوي خاصة إذا علمنا أن تكلفة اليد العاملة تمثل 45% من التكاليف التشغيلية لإنتاج الإيثانول، و التي تمثل بدورها حوالي 50% من تكلفة الإنتاج الإجمالية لهذا الوقود في الولايات المتحدة الأمريكية، هذا إلى جانب تحسن إنتاجية العمل كما يظهر في النموذج البرازيلي من خلال أثر الخبرة المتراكمة في صناعة الإيثانول التي جعلت من البرازيل قطبا رائدا في هذه الصناعة و سمح برفع تنافسية المنتوج البرازيلي رغم أنه لم يعد مدعوما منذ حوالي 20 سنة. و في هذا الإطار يمكن للدول النامية الصاعدة في إنتاج الوقود الحيوي الاستفادة من التجربة البرازيلية في تنمية رأس المال البشري كأحد مصادر الميزة التنافسية في إنتاج الوقود الحيوي.

ب) التعاون التقني و الاقتصادي بين الدول النامية: تتمثل أهم الفرص المتاحة في هذا المجال في النقاط التالية:

- **الاستفادة من التجارب الدولية:** هناك فرصة كبيرة متاحة أمام الدول الصاعدة في إنتاج الوقود الحيوي تتمثل في الاستفادة من التجربة البرازيلية من خلال استغلال نقاط قوتها و تجنب نقاط ضعفها، إضافة إلى ذلك يمكن الاستفادة من التطور التكنولوجي و الخبرة التقنية التي اكتسبتها البرازيل في صناعة الإيثانول، إضافة الجوانب

[12] http://ec.europa.eu/eurostat/documents/2995521/6313547/3-15122014-AP-FR.pdf consulté le: 12/03/2015

[13] منظمة العمل الدولية، التقرير العالمي للأجور 2013/2012، ص 12، على الرابط: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/---publ/documents/publication/wcms_218770.pdf consulté le : 19/03/2015

التنظيمية المتمثلة في الدور الذي لعبته الحكومة البرازيلية في نجاح برنامجها الوطني لإنتاج الإيثانول، و نجد في هذا الإطار أن العديد من الدول النامية تتجه صوب البرازيل لتطوير صناعتها الوطنية للوقود الحيوي كما هو الحال بالنسبة لتايلندا و دول المجموعة الاقتصادية لغرب إفريقيا التي عقدت إتفاقية مع الحكومة البرازيلية في سنة 2007 لتطوير صناعة الوقود الحيوي في المنطقة، وقد شرع في تنفيذها ابتداء من سنة 2011 من خلال إشراف البنك الوطني للتنمية الاقتصادية و الاجتماعية البرازيلي (BNDES) على إجراء دراسات الجدوى الاقتصادية و التقنية في دول المجموعة، و تحديد الآليات التنظيمية لدعم و تنمية الاستثمار في هذا القطاع بما يتلاءم مع طبيعة وخصائص هذه الدول.[14]

إلى جانب التجربة البرازيلية نجد التجربة الأرجنتينية في إنتاج الديزل الحيوي، فرغم قصر عمر هذه التجربة مقارنة بالتجربة البرازيلية إلا أنها مكنت الأرجنتين من بناء قطاع تنافسي جعل منها رابع منتج و أول مصدر للديزل الحيوي عالميا، و هو ما يبين أنه بإمكان العديد من الدول النامية دخول سوق الوقود الحيوي و تحقيق مستويات التنافسية المحققة في البرازيل و الأرجنتين في ظرف وجيز خاصة إذا ما توفرت آليات التعاون و نقل الخبرة التقنية والتنظيمية.

- **الاستفادة من سياسة التكتلات الاقتصادية:** في سياق تنامي الاهتمام العالمي بالوقود الحيوي تعمل العديد من الدول النامية على التموقع في إطار تكتلات دولية و إقليمية للاستفادة القصوى من العوائد المتوقعة لنمو هذا السوق و مواجهة تحديات المنافسة التي تفرضها سياسات الدول المتقدمة في هذا المجال، وقد بدأت العديد من الدول التي تمتلك قطاعات لإنتاج الوقود الحيوي بتشكيل تحالفات و تكتلات إقليمية و دولية بهدف تنمية هذه الصناعة و توفير إطار للدعم المتبادل، حيث تم في سنة 2006 الإعلان عن إنشاء تكتل يضم جزر موريس، جزر رينيون، مدغشقر إضافة إلى ماليزيا و الصين، كما تم خلال نفس السنة إنشاء أكبر تكتل إقليمي للدول المنتجة للوقود الحيوي في إفريقيا يضم 15 دولة على شاكلة منظمة الأوبك تعرف بمنظمة الدول الإفريقية غير المنتجة للنفط (APNPP)[15] بهدف تنسيق جهودها في إنتاج وتصدير الوقود الحيوي. هذه التكتلات يمكن أن يكون لها دور فاعل إذا تم توسيعها لتشمل دول لها وزن كبير في هذا المجال كالبرازيل، الأرجنتين و تايلندا.

---

[14] http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/produtos/download/Sommaire_Executif_francais.pdf

[15] أنظر: http://news.mongabay.com/bioenergy/2006/08/closer-look-at-africas-green-opec.html
http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2006/10/27/AR2006102701105.html
المنظمة تضم: البنين، بوركينا فاسو، الكونغو الديمقراطية، غامبيا، غانا، غينيا، غينيا بيساو، مدغشقر، مالي، المغرب، النيجر، السينيغال، سيراليون، الطوغو و زامبيا.

3- مكامن مساهمة الوقود الحيوي في التنمية الزراعية: يمكن أن نلمس مساهمة الوقود الحيوي في تنمية القطاع الزراعي في الدول النامية من خلال ما يلي.

أ) تنمية صناعة تحويل المنتجات الزراعية: يتيح إنتاج الوقود الحيوي فرص حقيقية لتنمية القطاع الزراعي وقطاعات أخرى مرتبطة به، فإنتاج هذا الوقود يعتبر محركا للاستثمار الزراعي كونه يعتمد على تحويل المواد الأولية الزراعية التي يرتبط التغير في أسعارها بالتغير في عوائد عوامل إنتاجها في نفس الاتجاه، وعليه فإن نمو الطلب على الوقود الحيوي و ارتفاع أسعار المواد الأولية لإنتاجه تؤدي إلى ارتفاع عوائد استغلال الأراضي الزراعية و ارتفاع قيمتها العقارية، و هو ما ينعكس على تحسين المردود الاقتصادي للمناطق الزراعية.

و لا يتوقف أثر إنتاج الوقود الحيوي عند تحسين المردود الاقتصادي للموارد الإنتاجية و إنما يمتد إلى دعم و خلق نشاطات جديدة في القطاع الزراعي من خلال النواتج الثانوية لعملية الإنتاج التي مكنت العديد من الدول الإفريقية من دعم الإنتاج الحيواني بتوفير حجم كبير من الأعلاف من بقايا معالجة البذور الزيتية كبوركينافاسو التي بلغ إنتاجها 63000 طن في سنة 2008 و البينين التي بلغ إنتاجها 22000 طن تصدر منه حوالي 90% إلى الأسواق الدولية خاصة جنوب إفريقيا و أوروبا.

شجع نمو الطلب و ارتفاع الأسعار و زيادة حجم المحاصيل العديد من الدول المنتجة للمواد الأولية على إقامة صناعتها الوطنية لإنتاج و تصدير الوقود الحيوي و بالتالي الاستفادة من المراحل المتقدمة ذات القيمة المضافة العالية في هذه الصناعة، و هو ما ترجم في العديد من مشاريع الاستثمار العمومية و الخاصة المحلية و الأجنبية للاستثمار في مختلف مراحل الإنتاج مما سمح بخلق حركية اقتصادية هامة في هذا المجال، حيث تتجه الدول المنتجة إلى عقد شركات ثنائية و متعددة الأطراف لتوفير الدعم التقني و المالي اللازم للاستثمار، و في هذا السياق أنشئت الجمعية الإفريقية لتنمية الوقود الحيوي في سنة 2006 تحت غطاء المجموعة الاقتصادية لغرب إفريقيا تضم أكثر من 50 مستثمرا خاصا في هذا القطاع و كذلك في نفس الإطار الصندوق الإفريقي للوقود الحيوي والطاقات المتجددة برأسمال 1 مليون دولار أمريكي لدعم الاستثمار في هذا القطاع على مستوى دول غرب إفريقيا[16].

ب) تحسين وضعية الميزان التجاري الزراعي: ينعكس الإنتاج و الاستخدام المتنامي للوقود الحيوي على تدفق المحاصيل الزراعية المستخدمة في إنتاجه إلى الأسواق الدولية بفعل توجيه كميات كبيرة من هذه المحاصيل في مناطق إنتاجها نحو إنتاج الوقود الحيوي خاصة في الولايات المتحدة الأمريكية و الاتحاد الأوروبي الذي يتجه أيضا إلى

[16] http://www.cilss.bf/predas/Activites%20par%20Pays/ML/35-Rapport%20etude%20biocarburants%20Mali.pdf consulté le: 20/03/2015

الاستيراد لتغطية العجز في تغطية الاستهلاك من الزيوت النباتية، و بالتالي تتأثر المكانة الريادية لهذه الدول في الأسواق الدولية بتراجع حجم صادراتها و تزايد وارداتها، و هو ما يتيح الفرصة أمام الدول النامية ذات الإمكانيات الزراعية من زيادة حصتها من صادرات الحبوب و الزيوت النباتية إلى الأسواق الدولية و تحسين وضعية ميزانها التجاري الزراعي.

و في ذات يمكن للدول النامية التي تفتقر إلى المساحات الزراعية الاستفادة من هذه الوضعية، حيث أثبتت دراسة للمعهد الدولي لأبحاث محاصيل المناطق شبه الجافة إمكانية إنتاج وقود الإيثانول من سيقان نبات الذرة البيضاء الحلوة بعد الاستفادة من حبوبه كغذاء و بمردود طاقوي و أثر بيئي أفضل من محصول الذرة، حيث ينتج 8 وحدات من الوقود مقابل كل وحدة تستهلك لإنتاجه في الدول النامية،[17] و للإشارة فإن هذا المحصول يتم إنتاجه في العديد من الدول العربية التي بإمكانها الاستفادة من الميزة المزدوجة لهذا المحصول لتموين أسواقها الداخلية وزيادة حجم صادراتها الزراعية و عائداتها.

[17] الصادق عوض بشير، تحديات الأمن الغذائي العربي، الدار العربية للعلوم ناشرون، بيروت، 2009، ص 17

المبحث الثاني: انعكاسات توسع إنتاج الوقود الحيوي على أسواق السلع الزراعية

تتميز العلاقة بين قطاعي الطاقة و الزراعة بوجود روابط وثيقة تختلف طبيعتها و قوتها من مرحلة لأخرى، إذ تعتبر الزراعة مصدرا هاما للطاقة عبر تاريخ البشرية، كما تعتبر الطاقة من المدخلات الرئيسية في الإنتاج الزراعي الحديث الذي يعتمد بشكل كبير على المدخلات من الأسمدة المنتجة من الوقود الأحفوري و تزايد استخدام الآلات في مختلف مراحل الإنتاج الزراعي، كما أن عمليات تحويل المنتجات الزراعية تعتبر كثيفة الاستهلاك للطاقة، و عليه فإن التغيرات في أسعار الطاقة تؤثر مباشرة في تكاليف الإنتاج الزراعي وأسعار الغذاء.

و رغم أن الوقود الحيوي يعتبر منتوجا طاقويا و يشكل جزء من أسواق الطاقة إلا أن توجهات التوسع في استخدامه و إنتاجه اعتمادا على المنتجات الزراعية تجعل منه عنصرا مؤثرا في الأسواق الزراعية في الوقت الذي يعد تأثيره ضئيلا في أسواق الطاقة، حيث انعكس نمو استخدام الوقود الحيوي على إعادة تشكيل دور الزراعة وعلاقتها بقطاع الطاقة و ذلك بتزايد دور القطاع الزراعي كمورد للمواد الأولية المستخدمة في إنتاج وقود النقل، مما أثر بشكل واضح على أسواق السلع الزراعية.

المطلب الأول: تطورات أسعار السلع الزراعية الأساسية

عرفت أسعار السلع الزراعية الأساسية منذ مطلع القرن الحالي تقلبات كبيرة تميزت بحركة ارتفاع بلغت أقصاها خلال سنة 2007 أثرت على استقرار هذه الأسواق من خلال انخفاض حجم المخزونات و تزايد حدة التقلبات السعرية خاصة في أسواق الحبوب و الزيوت النباتية.

1- تطورات أسعار الحبوب: تبين البيانات المتاحة ارتفاع أسعار الحبوب و عدم استقرارها منذ منتصف العشرية الماضية، حيث سجلت الأسعار ارتفاعا بأكثر من 90% ما بين جانفي 2007 و أفريل 2008، بفعل تضافر مجموعة من العوامل من أهمها ارتفاع أسعار النفط و الظروف المناخية غير الملائمة في العديد من مناطق الإنتاج الزراعي الكبير كالولايات المتحدة الأمريكية و أستراليا، و قد ساهمت إجراءات تقييد الصادرات في أهم الدول المصدرة في تخفيض المعروض العالمي من الحبوب على غرار روسيا التي فرضت رسوما على صادرات القمح بـ 40% كما خفضت الأرجنتين من حجم صادراتها من القمح فيما أوقفت الفيتنام صادرات الأرز تماما مما أدى

إلى تفاقم عدم استقرار الأسعار في الأسواق الدولية، إضافة إلى نمو الطلب المحلي على الحبوب لإنتاج الوقود الحيوي في الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد الأوروبي.

و كانت أول مظاهر ارتفاع أسعار الحبوب الغذائية في سوق الذرة خلال الثلاثي الأخير من سنة 2007 بتزامن تراجع الإمدادات و زيادة سريعة في حجم الطلب مما أدى إلى ارتفاع و تقلب شديدين في أسعار الذرة استمر إلى منتصف سنة 2008، حيث ارتفع متوسط سعر الطن من 121.85 دولار في سنة 2006 إلى 263.66 دولار في سنة 2007 ليصل إلى 223.12 دولار في سنة 2008، لتنخفض الأسعار في 2009 إلى مستويات سنة 2007 ثم تعود إلى الارتفاع في 2010 و تبلغ أقصى مستوياتها في 2012 بمتوسط 298.42 دولار للطن.[18]

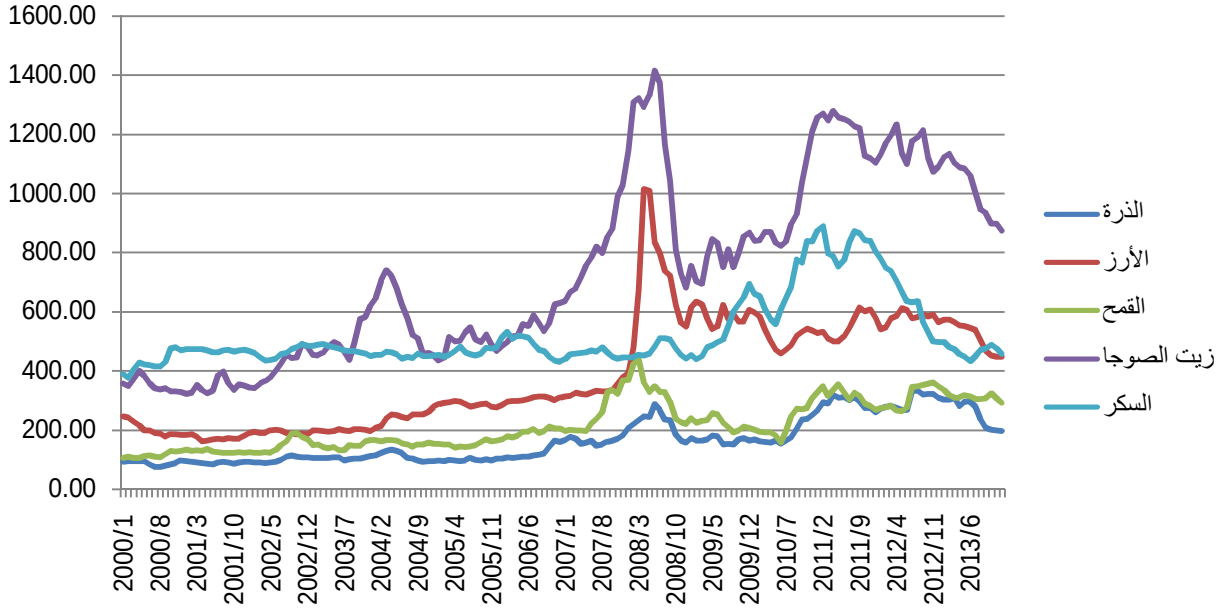
شهدت أسعار القمح أيضا ارتفاعا أكثر حدة خلال نفس الفترة، حيث ارتفع متوسط سعر الطن من 192.04 دولار في سنة 2006 إلى 255.21 دولار في سنة 2007 ليصل إلى 326.03 دولار في سنة 2008 أين بلغ سعر الطن مستوى قياسيا بـ 882 دولار في شهر أفريل في بورصة مجلس شيكاغو للتجارة التي تمثل أسعار القياس العالمية للحبوب، لتنخفض في 2009 إلى ما دون مستويات 2007 ثم تعاود الارتفاع في 2011 بأكثر من 316 دولار للطن.

أما أسعار الأرز فقد كانت الأكثر تأثرا بالارتفاع حيث ارتفع متوسط سعر الطن من 304.88 دولار في سنة 2006 إلى 326.43 دولار في سنة 2007 لتصل الأسعار إلى مستويات قياسية في 2008 بلغت ضعف مستويات أسعار سنة 2007 حيث بلغ متوسط سعر الطن 650.19 دولار متأثرا بتوقف صادرات الفيتنام ثاني مصدر للأرز عالميا بعد تايلندا.[19]

و يبين مؤشر أسعار الحبوب لمنظمة الأغذية و الزراعة الارتفاع الكبير للأسعار خلال سنتي 2007 و 2008 مقارنة بفترة الأساس 2002 – 2004، حيث وصل الارتفاع إلى أكثر من ضعف مستويات فترة الأساس، حيث قفز مؤشر الأسعار من 118.9% في سنة 2006 إلى 163.4% سنة 2007 ليصل إلى 232.1% في 2008.

[18] أنظر الملاحق
[19] نفسه

شكل رقم (4-1): تطور أسعار السلع الزراعية الغذائية الرئيسية 2000 - 2013



المصدر: من إعداد الباحث اعتمادا على بيانات مؤشرات السلع الرئيسية لصندوق النقد الدولي

2- **تطور أسعار الزيوت النباتية:** شهدت أسعار الزيوت النباتية ارتفاعا تدريجيا ابتداء من سنة 2005 ووصل هذا الارتفاع إلى مستويات غير مسبوقة خلال سنة 2008 نظرا لارتفاع الطلب و الانخفاض الكبير في المخزونات من هذه المواد، حيث ارتفع متوسط سعر الطن من زيت الصوجا من 598.56 دولار في 2006 إلى 881.43 دولار في 2007 لتصل إلى 1258.25 دولار في سنة 2008 و تقارب مستوى 1300 دولار للطن في 2011؛ نفس المنحى التصاعدي شهدته أسعار زيت النخيل التي ارتفعت من 478.35 دولار للطن في سنة 2006 إلى 780.25 دولار للطن في سنة 2007 لتبلغ 948.58 دولار للطن في سنة 2008 ثم تصل إلى أكثر من 1125 دولار للطن في 2011.

و تظهر بيانات مؤشر أسعار الزيوت و الدهون لمنظمة الأغذية و الزراعة هذا المنحى التصاعدي، حيث ارتفعت أسعار الزيوت بـ 72% في سنة 2007 و بأكثر من 172% في سنة 2008 مقارنة بفترة الأساس.

3- **تطور أسعار السكر:** أعطت أسعار السكر الدولية أولى إشارات ارتفاع أسعار السلع الزراعية مع بداية سنة 2000 بمستويات مماثلة لتلك المسجلة في سنتي 2007 و 2008 لتعاود الانخفاض و تشهد استقرار خلال الفترة 2002 – 2004 لترتفع من جديد في 2005 و تعرف ارتفاعا مطردا و بمستويات كبيرة كما يوضحه مؤشر أسعار السكر لمنظمة الأغذية و الزراعة العالمية.

جدول رقم (4 – 4) تطور مؤشرات أسعار السلع الزراعية الأساسية 2000 – 2013

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
الحبوب	85.8	86.8	93.7	99.2	107.1	101.3	118.9	163.4	232.1	170.2	179.2	240.9	236.1	219.3
الزيوت	69.5	67.2	87.4	100.6	111.9	102.7	112.7	172	227.1	152.8	197.4	254.5	223.9	193
السكر	116.1	122.6	97.8	100.6	101.7	140.3	209.6	143	181.6	257.3	302	368.9	305.7	251

المصدر: مؤشر منظمة الأغذية و الزراعة لأسعار الغذاء على الرابط:

http://www.fao.org/worldfoodsituation/foodpricesindex/ar

4- تقلبات أسعار السلع الأساسية: و تظهر الزيادة السريعة و الحادة في الأسعار الشهرية من خلال الشكل (4-1) ارتفاع شدة التقلب في أسواق السلع الزراعية الغذائية الرئيسية منذ بداية سنة 2007 بشكل متزامن؛ ويمثل تقلب الأسعار سمة هيكلية لأسواق السلع الزراعية حيث تعتبر الأسعار شديدة الحساسية لتغيرات الإنتاج المرتبط بالموسمية و الظروف المناخية، وكذلك ضيق هذه الأسواق مقارنة بأسواق المواد الأولية الأخرى كالنفط مثلا، حيث يتم تبادل أقل من 20% من الإنتاج العالمي للحبوب في الأسواق الدولية و يتم استهلاك الباقي محليا في مناطق الإنتاج، بينما نجد أن حوالي ثلثي الإنتاج العالمي من النفط (66%) يتم تبادله في الأسواق الدولية، مما يجعل أي تغيرات بسيطة في الإنتاج أو الطلب تؤثر بشكل كبير على الأسعار .

و قد شهدت أسواق السلع الزراعية تقلبات سعرية حادة خلال السبعينيات من القرن الماضي خاصة أسواق الحبوب، أما في الفترة الأخيرة ما بين 2007 و 2012 فقد شملت هذه التقلبات سلعا زراعية عديدة إضافة إلى الحبوب كالبذور الزيتية، الزيوت النباتية و السكر و التي كانت أسعارها أكثر تقلبا منذ بداية الألفية كما هو موضح في الجدول (4-5) حيث يبين مؤشر التقلب وجود تقلبات شديدة في أسعار هذه السلع ابتداء من سنة 2002 بالنسبة لزيت الصوجا و من سنة 2006 بالنسبة للذرة و القمح مع زيادة حدة هذه التقلبات خلال سنتي 2008 و 2010، مما يدعو إلى التساؤل حول دور برامج إنتاج الوقود الحيوي في ارتفاع الأسعار في ظل تزامن توسع إنتاج الوقود الحيوي مع ارتفاع أسعار السلع الزراعية.

جدول رقم (4 – 5) تطور مؤشر تقلب أسعار السلع الزراعية الأساسية 2000 – 2013

	السكر	زيت الصوجا	القمح	الأرز	الذرة
2000	0.077	0.064	0.080	**0.119**	0.092
2001	0.009	0.069	0.035	0.043	0.038
2002	0.042	**0.129**	**0.183**	0.029	0.099
2003	0.027	**0.118**	0.070	0.015	0.035
2004	0.016	**0.183**	0.051	0.079	**0.136**
2005	0.026	0.068	0.060	0.025	0.034
2006	0.073	0.083	0.072	0.029	**0.178**
2007	0.027	**0.154**	**0.255**	0.055	0.063
2008	0.056	**0.230**	**0.219**	**0.277**	**0.176**
2009	**0.161**	0.073	0.092	0.053	0.061
2010	**0.142**	**0.139**	**0.212**	0.085	**0.195**
2011	0.053	0.051	0.083	0.078	0.067
2012	**0.151**	0.045	**0.133**	0.036	0.089
2013	0.040	0.096	0.036	0.098	**0.180**

المصدر: من إعداد الباحث اعتمادا على بيانات مؤشرات السلع الرئيسية لصندوق النقد الدولي

المطلب الثاني: تطور إنتاج الوقود الحيوي و ارتفاع أسعار السلع الغذائية الزراعية

عرفت بداية الألفية اضطرابات في أسواق السلع الزراعية الأساسية تزايدت حدتها مع نمو برامج التوسع في إنتاج واستخدام الوقود الحيوي المعتمد أساسا على المحاصيل الزراعية الغذائية.

1- العوامل المؤثرة في ارتفاع أسعار السلع الزراعية الغذائية: تعتبر عملية تحديد أسعار السلع الزراعية عملية معقدة تتداخل فيها العديد من العوامل الهيكلية و الظرفية التي تظافرت منذ منتصف العشرية الماضية لينتج عنها ارتفاع أسعار السلع الزراعية الأساسية و أزمة غذاء عالمية خلال سنة 2008، ومن أهم هذه العوامل نجد:

أ) تراجع معدلات نمو الإنتاجية الزراعية: تشهد الزراعة العالمية في العقود الأخيرة تراجعا في معدلات إنتاجية المحاصيل كما أوضحنا سابقا من خلال التباطؤ المسجل في معدلات نمو إنتاج الحبوب، و يعود ذلك في جانب كبير إلى تراجع الإنفاق على القطاع الزراعي و الأبحاث الزراعية بعد انخفاض أسعار السلع الزراعية خلال الثمانينيات من القرن الماضي نتيجة لسياسات الدعم في العديد من مناطق الإنتاج.

ب) تقلبات أسعار النفط: تلعب تقلبات أسعار النفط دورا هاما في حركة أسعار السلع الزراعية الرئيسية وتقلباتها، حيث يؤثر ارتفاع أسعار النفط في ارتفاع أسعار المدخلات الزراعية من الأسمدة و المبيدات و الطاقة والتي تنعكس بدورها في ارتفاع تكلفة الإنتاج الزراعي، حيث تشير معطيات منظمة التعاون و التنمية الاقتصادية ومنظمة الأغذية و الزراعة إلى أن ارتفاع أسعار النفط بـ 25% أدى إلى ارتفاع أسعار الأسمدة بـ 14%، كما يشير البنك الدولي إلى أن تكاليف الإنتاج الزراعي في الولايات المتحدة الأمريكية ارتفعت بنسبة 15% إلى 20% نتيجة لارتفاع أسعار النفط في سنة 2008.[20]

ج) تغير الظروف المناخية: تمثلت في الظروف غير الملائمة التي مست العديد من الدول المنتجة و المصدرة للسلع الزراعية الغذائية كموجات الجفاف و الحرارة التي مست الولايات المتحدة الأمريكية و ألحقت أضرارا بمحاصيل الذرة و فول الصويا، و كذلك الجفاف في روسيا و أوكرانيا و تراجع الأمطار الموسمية في الهند مما أثر على إنتاج القمح، إضافة إلى أستراليا التي تراجع إنتاجها من القمح بـ 60% نتيجة للجفاف الذي مسها خلال سنتي 2005 و 2006.[21]

د) المضاربات في الأسواق المالية: تلعب المضاربة و ربط السلع الزراعية بالأسواق المستقبلية دورا مؤثرا في حركة أسعار هذه السلع و تذبذبها، وقد كان لحركة المضاربة التي أدت إلى حدوث الأزمة المالية العالمية لسنة 2007 دور في الارتفاع الكبير الذي شهدته أسعار السلع الزراعية الغذائية، فمع انهيار التعامل بالأوراق المالية القائمة على الرهون العقارية انتقل وكلاء المضاربة و صناديق التحوط إلى المضاربة في العقود المستقبلية للسلع الأولية و منها السلع الزراعية، مما تسبب في زيادة كبيرة في المبادلات و العقود في ظل تراجع المعروض من هذه السلع.[22]

هـ) نمو إنتاج الوقود الحيوي: خلق نمو إنتاج الجيل الأول من الوقود الحيوي طلبا إضافيا على السلع الزراعية الأساسية من الحبوب و الزيوت النباتية، من خلال تحويل كميات كبيرة من هذه المحاصيل من الاستخدامات الغذائية إلى إنتاج الوقود، فبين سنتي 2004 و 2007 تم تحويل حوالي 70% من الزيادة في إنتاج الذرة على المستوى العالمي إلى إنتاج الإيثانول، و تحويل حوالي 7% من الزيادة في إنتاج الزيوت النباتية في سنة 2007 إلى

[20] سهاد أبو زكي، أزمة الغذاء العالمية: كيف يتعامل العرب مع تداعياتها، مجلة الاقتصاد و الأعمال، العدد 396، ديسمبر 2012، بيروت، 2012، ص 26

[21] نفسه، ص 28

[22] والدن بيلو و مارا بافيرا، مرجع سابق، ص ص 38- 39

إنتاج الديزل الحيوي. هذه الزيادة في الطلب على المحاصيل الزراعية لإنتاج الوقود الحيوي ساهمت في تقليص المساحة المخصصة لمحاصيل أخرى، مما أثر في حجم إنتاجها و أسعارها.[23]

2- برامج الوقود الحيوي و ارتفاع الأسعار: أدت طفرة استخدام الوقود الحيوي بسبب ارتفاع أسعار النفط وسياسات الدعم المنتهجة في الولايات المتحدة الأمريكية و الاتحاد الأوروبي إلى زيادة الطلب على مجموعة من المحاصيل الزراعية و بالتالي ارتفاع أسعارها، حيث نلاحظ تزامن بين إطلاق برامج التوسع في إنتاج الوقود الحيوي ودخولها حيز التنفيذ في الأسواق الرئيسية و ارتفاع أسعار السلع الزراعية المستخدمة في إنتاج هذا الوقود.

فبالنظر إلى تطور مؤشرات أسعار السلع الأساسية المستخدمة في إنتاج الوقود الحيوي في الجدول (4-4) نلاحظ أن ارتفاع أسعار السكر بدأ مع سنة 2000 و هي الفترة التي شهدت إصلاح سياسة إنتاج الإيثانول البرازيلية المعتمدة على قصب السكر و انتعاشها، و شهدت أسعار الزيوت النباتية بدورها حركة ارتفاع في سنة 2004 وهو ما يتناسب مع إطلاق برامج إنتاج الديزل الحيوي في دول الاتحاد الأوروبي من خلال دخول التعليمة الأوروبية المتعلقة بتنمية الوقود الحيوي حيز التنفيذ، بينما تزامن الارتفاع في أسعار الحبوب مع انطلاق برنامج توسع إنتاج الإيثانول الأمريكي بصدور قانون أمن و استقلال الطاقة وتفوق الولايات المتحدة على البرازيل كأكبر منتج للإيثانول في العالم.

كما أنه من الجدير بالملاحظة وجود نوع من التقارب في تغيرات أسعار الحبوب و الزيوت النباتية بفعل إمكانية الإحلال المتبادل بين النوعين التي يظهر أنها تعمقت بوجود الوقود الحيوي على مستوى العرض من خلال إحلال زراعة الذرة محل فول الصويا في الولايات المتحدة الأمريكية مثلا، و على مستوى الطلب في إنتاج الزيوت الغذائية أو الوقود الحيوي أو استخدامها كأعلاف لتغذية الحيوانات.

3- آليات تأثير الوقود الحيوي في أسعار السلع الزراعية الغذائية: ينعكس تزايد استخدام الوقود الحيوي على العلاقة بين العرض و الطلب على السلع الزراعية الغذائية الأساسية، نظرا لتنامي الحجم المستخدم من هذه السلع في إنتاج الوقود. هذا الطلب المتزايد يمكن أن يؤثر في أسواق السلع الزراعية عبر ثلاث آليات، حيث يمكن أن يؤدي بصورة مباشرة إلى رفع أسعار السلع المستخدمة لإنتاج الوقود نتيجة لزيادة الطلب عليها، كما يمكن أن يكون هذا التأثير بصورة غير مباشرة من خلال ارتفاع الطلب على السلع البديلة، فارتفاع أسعار الذرة أو زيت الصويا مثلا كمادة غذائية يدفع المستهلكين إلى استبدالها بغيرها من الحبوب أو الزيوت الغذائية، كما يمكن أن

[23] سهاد أبو زكي، مرجع سابق، ص 26

يكون هذا الإحلال في إنتاج الوقود الحيوي ذاته مما يترتب عنه ارتباط موجب بين أسعار المواد الوسيطة لإنتاج الوقود الحيوي و بدائلها، و من ناحية أخرى يمكن أن يؤثر إنتاج الوقود الحيوي في أسعار السلع الزراعية من خلال إعادة تخصيص الأراضي الزراعية حيث يدفع ارتفاع أسعار مواد إنتاج الوقود الحيوي المزارعين إلى زيادة المساحة المزروعة من هذه المواد و إحلالها محل زراعات أخرى مما يؤدي إلى رفع أسعارها نتيجة لانخفاض إنتاجها أو نقل إنتاجها إلى أراض أقل خصوبة و هو ينتج عنه نوع من الارتباط بين أسعار مواد إنتاج الوقود الحيوي و السلع الزراعية الأخرى التي تتم زراعتها في نفس الظروف الزراعية، ويمكن أن يتوسع إلى سلع زراعية أخرى بسبب ارتفاع قيمة الأراضي الزراعية.

ففي سنة 2007 أدى التوسع في المساحة المخصصة لزراعة الذرة في الولايات المتحدة الأمريكية بنسبة 23%، إلى تخفيض المساحة المخصصة لزراعة فول الصويا بنسبة 16% و هو ما انعكس على انخفاض حجم الإنتاج وارتفاع سعر فول الصويا بنسبة 75%.[24]

4- تأثير ارتباط أسواق الطاقة و أسواق السلع الزراعية: ترتبط أسواق السلع الزراعية و أسواق الطاقة تقليديا من خلال آلية التكلفة حيث يعتبر النفط كمدخل أساسي في الإنتاج الزراعي، و بالتالي تتأثر أسعار السلع الزراعية بأسعار النفط عن طريق المدخلات. هذه العلاقة شهدت تغيرا مع الارتفاع الكبير لأسعار النفط و تطور إنتاج الوقود الحيوي، بامتداد تأثير ارتفاع أسعار النفط من المدخلات الزراعية إلى المخرجات، فقد أدى توسع إنتاج الوقود الحيوي بفضل سياسات الدعم إلى زيادة الطلب على المنتجات الزراعية كمواد أولية لإنتاج الوقود، ففي ظل أسعار النفط المرتفعة التي تجعل الوقود الحيوي قادرا على المنافسة، يرتفع الطلب على السلع الزراعية الأساسية كمواد أولية في أسواق الطاقة، و بما أن أسواق الطاقة أكثر اتساعا من أسواق السلع الزراعية فإن زيادة الطلب على الوقود الحيوي ستستوعب أي إنتاج إضافي من المحاصيل الزراعية التي يمكن استخدامها لإنتاج الوقود، و بالتالي تحدد أسواق الطاقة مستويات دنيا لأسعار المحاصيل الزراعية و التي تستمر في الارتفاع مع زيادة الطلب على هذه المحاصيل مادامت قادرة على منافسة المنتجات النفطية وصولا إلى سعر أقصى يصبح عنده الوقود الحيوي غير قادر على المنافسة، ما يعني أن أسواق الطاقة تحدد مستويات دنيا و عليا لأسعار السلع الزراعية وبعبارة أخرى يمثل حجم الطلب على الوقود الحيوي دالة على أسعار المحاصيل الزراعية.

[24] سهاد أبو زكي، مرجع سابق، ص 26

يظهر تأثير هذا الارتباط في أزمة الأسعار الغذائية سنة 2008 حيث ارتفعت أسعار السلع الزراعية الغذائية الأساسية في ظل ارتفاع أسعار النفط و ارتفاع إنتاج و استهلاك الوقود الحيوي في مناطق الإنتاج الرئيسية مدفوعة بحوافز سياسات الدعم التي ساهمت في رفع الطلب على المحاصيل الغذائية لإنتاج الوقود و بالتالي ارتفاع أسعارها.

المطلب الثالث: قياس تأثير الوقود الحيوي على أسعار السلع الزراعية الغذائية الأساسية

من تحليلنا السابق يتضح أن تغيرات الأسعار في أسواق الطاقة التي يعتبر الوقود الحيوي جزء منها تؤثر في أسعار السلع الزراعية الرئيسية، و لدراسة هذا التأثير اعتمدنا نموذج قياسي لتحليل العلاقة بين تغير أسعار الطاقة وأسعار السلع الزراعية اعتمادا على بيانات مؤشرات السلع الأساسية للبنك العالمي.

I) تأثير ارتفاع أسعار الطاقة على أسعار السلع الزراعية الغذائية

1 - توصيف النموذج المستخدم: لتحليل العلاقة بين تغير أسعار الطاقة و أسعار السلع الزراعية وتأثير الوقود الحيوي اعتمادنا نموذج انحدار متعدد وفقا لطريقة المربعات الصغرى على الشكل الآتي:

$$log\,(y) = \alpha + \beta_1 log(x_1) + \beta_2 log(x_2) + \beta_3 log(x_3) + \varepsilon_t \;.....(1)$$

حيث:

y: المتغير التابع الذي يتمثل في مؤشر أسعار السلع الزراعية الغذائية الأساسية و الذي يتألف من أسعار الحبوب التي تمثل 28.20% من قيمة المؤشر والزيوت النباتية التي تمثل 40.80% من قيمة المؤشر ومحاصيل غذائية أخرى 31%

x_1: المتغير المفسر الأول و الذي يتمثل في مؤشر أسعار الطاقة

x_2: المتغير المفسر الثاني و الذي يتمثل في مؤشر التضخم

x_3: المتغير المفسر الثالث و الذي يتمثل في عنصر الزمن الذي يعبر عن التغيرات التقنية خلال فترة التقدير.

α، β_1، β_2 و ε_t تمثل المقدرات و هي على التوالي: الحد الثابت، معامل المتغير المفسر الأول، معامل المتغير المفسر الثاني و حد الخطأ.

اعتمدنا الشكل اللوغاريتمي لمتغيرات المعادلة لكي تعبر معاملات الميل عن مرونة التغير في مؤشر أسعار السلع الزراعية الأساسية استجابة للتغير في المتغيرات المفسرة.

و بإدخال المتغيرات المستخدمة في الدراسة تكون معادلة الانحدار على الشكل:

$$LAG = \alpha + \beta_1 LE + \beta_2 LF + \beta_3 T \text{ .....(2)}$$

حيث:

LGR: لوغاريتم مؤشر أسعار السلع الزراعية الأساسية

LE: لوغاريتم مؤشر أسعار الطاقة

LF: لوغاريتم مؤشر التضخم

T: الزمن

2- البيانات المستخدمة: لتقدير النموذج المشار إليه أعلاه استخدمنا بيانات أسعار السلع الأساسية للبنك العالمي للفترة 1975- 2013، و لتحديد تأثير الوقود الحيوي قمنا بتقدير النموذج للفترة 1975 – 2006 وهي الفترة التي سبقت أزمة ارتفاع الأسعار ثم الفترة 1975 - 2013 و هي الفترة التي تتضمن أزمة ارتفاع الأسعار.

3- القياس الكمي و التحليل الاقتصادي:

أ) تقدير معالم النموذج: لتقدير معالم معادلة الإنحدار استخدمنا البرنامج الإحصائي (EVIEWS) حيث كانت مخرجات التقدير للفترة الأولى 1975 – 2006 كما يلي:

جدول رقم (4-6): تقدير معالم نموذج الإنحدار للفترة 1975 – 2006

Dependent Variable: LGR
Method: Least Squares
Date: 04/18/15 Time: 19:27
Sample: 1975 2006
Included observations: 32
Convergence achieved after 5 iterations

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LE	0.155378	0.064387	2.413176	0.0229
LF	0.675909	0.279258	2.420372	0.0225
T	-0.004699	0.002491	-1.886308	0.0701
C	0.404047	0.478262	0.844822	0.4056
AR(1)	0.531291	0.128069	4.148469	0.0003

R-squared	0.576153	Mean dependent var	1.748647
Adjusted R-squared	0.513361	S.D. dependent var	0.055033
S.E. of regression	0.038391	Akaike info criterion	-3.539396
Sum squared resid	0.039794	Schwarz criterion	-3.310374
Log likelihood	61.63033	F-statistic	9.175557
Durbin-Watson stat	1.618954	Prob(F-statistic)	0.000081

Inverted AR Roots	.53

المصدر: مخرجات البرنامج الإحصائي EVIEWS

من مخرجات التقدير تكون معادلة الإنحدار على الشكل:

LAG = 0 .404 + 0.155 LE + 0.675 LF – 0.004 T ..... (3)

يتبين من مخرجات التقدير أن كل من المعلمات، β_1 وβ_2 لها دلالة إحصائية عند مستوى معنوية 5% أما المعلمتان α وβ_3 فهما غير معنويتين إحصائيا (المعلمة β_3 معنوية عند مستوى 10%) حسب اختبار المعنوية الجزئية (اختبار ستيودنت) الذي يختبر الفرضية التالية:

$H_0 : \beta_i = 0$

$H_1 : \beta_i \neq 0$

حيث نرفض فرضية العدم H_0 و نقبل الفرضية البديلة H_1 إذا كانت قيمة Prob للمعلمة β أقل من 0.05 (مستوى المعنوية)

و تشير إحصاءة فيشر F إلى وجود معنوية كلية لمعالم الانحدار انطلاقا من اختبار فيشر الذي يختبر الفرضية التالية

$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = 0$

$H_1 : \beta_i \neq 0$

و يشير معامل التحديد المصحح إلى أن النموذج المقدر يفسر 51.33% من التغير في المتغير التابع بواسطة المتغيرات المستقلة المذكورة.

أما بالنسبة للفترة الثانية 1975 – 2013 فكانت مخرجات التقدير على الشكل التالي:

جدول رقم(4-7): تقدير معالم نموذج الانحدار للفترة 1975 – 2013

Dependent Variable: LGR
Method: Least Squares
Date: 04/18/15 Time: 20:18
Sample: 1975 2013
Included observations: 39
Convergence achieved after 9 iterations

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LE	0.201142	0.071244	2.823270	0.0079
LF	1.088012	0.328062	3.316480	0.0022
T	-0.000441	0.003738	-0.117856	0.9069
C	-0.586636	0.568398	-1.032087	0.3093
AR(1)	0.746389	0.074653	9.998122	0.0000

R-squared	0.897563	Mean dependent var	1.798423
Adjusted R-squared	0.885512	S.D. dependent var	0.121495
S.E. of regression	0.041109	Akaike info criterion	-3.425962
Sum squared resid	0.057459	Schwarz criterion	-3.212685
Log likelihood	71.80626	F-statistic	74.47815
Durbin-Watson stat	1.728226	Prob(F-statistic)	0.000000

Inverted AR Roots	.75

المصدر: مخرجات البرنامج الإحصائي EVIEWS

من مخرجات التقدير تكون معادلة الإنحدار على الشكل:

LGR = 0.586 + 0.201 LE + 1.088 LF – 0.0004 T ..... (4)

يتبين من مخرجات التقدير أن كل من المعلمتين β_1، β_2 ذات دلالة إحصائية عند مستوى معنوية 5%، بينما تبقى المعلمتان α وβ_3 غير معنويتين حسب اختبار ستيودنت للمعنوية الجزئية للمعالم.

و تشير إحصاءة فيشر F إلى وجود معنوية كلية لمعالم الانحدار انطلاقا من اختبار فيشر للمعنوية الكلية للنموذج.

و يشير معامل التحديد المصحح إلى أن النموذج المقدر يفسر 88.55% من التغير في المتغير التابع بواسطة المتغيرات المستقلة المذكورة ما يعني وجود قدرة تفسيرية عالية للنموذج.

وفيما يتعلق بالاختبارات القياسية[25] المتعلقة بالمشاكل القياس التي تعتري نماذج القياس الاقتصادي فتبين خلو النموذج المقدر من هذه المشاكل، حيث تمت معالجة مشكل الارتباط الذاتي عن طريق الانحدار الذاتي من الرتبة الأولى AR(1) كما هو موضح في الجدول رقم (4-7) حيث تظهر قيمة إحصاءة دوربين واتسون القريبة من 2 (DW= 1.72).

و يظهر اختبار وايت خلو النموذج من مشكل عدم تجانس التباين من خلال مقارنة إحصاءة مضاعف لاغرانج ($LM = nR^2 = 8.75$) المحسوبة مع إحصاءة كاي تربيع ($\chi^2_{0.05}(6) = 12.59$).

كما يظهر اختبار ARCH خلو النموذج من مشكل عدم تجانس التباين الشرطي للأخطاء من خلال مقارنة إحصاءة مضاعف لاغرانج ($LM = nR^2 = 0.02$) المحسوبة مع إحصاءة كاي تربيع ($\chi^2_{0.05}(3) = 7.81$).

أما بالنسبة للتوزيع الطبيعي لبواقي النموذج المقدر فيظهر اختبار جاك- بيرا أن البواقي تتوزع توزيعا طبيعيا من خلال مقارنة إحصائية جاك – بيرا ($S = 0.98$) مع إحصاءة كاي تربيع ($\chi^2_{0.05}(3) = 7.81$) حيث نقبل فرضية التوزيع الطبيعي للبواقي إذا كانت قيمة إحصائية جاك – بيرا أقل قيمة إحصائية كاي تربيع.

و لدراسة استقرارية النموذج اعتمدنا اختبار شو chow للاستقرارية، حيث قسمنا فترة الدراسة إلى فترتين انطلاقا من سنة 2008 كسنة فاصلة بين الفترتين لكونها السنة التي شهدت ارتفاع أسعار السلع الزراعية الغذائية بالتزامن مع ارتفاع أسعار النفط. و بمقارنة قيمة ($Prob = 0.24$) لإحصائية فيشر ($F = 1.42$) بمستوى المعنوية 5% نقبل فرضية الاستقرارية حيث أن $Prob > 0.05$.

[25] أنظر الملاحق

ب) التفسير الاقتصادي: نركز في تحليلنا على العلاقة بين المتغير التابع و المتغير المفسر الأول المتمثل في مؤشر أسعار الطاقة بالمقارنة بين المرونات خلال فترتي التقدير المعتبرتين (1975 – 2009) و (1975 – 2013).

يتضح من المعادلتين (3) و (4) وجود علاقة طردية بين أسعار الطاقة و أسعار السلع الزراعية من خلال الإشارة الموجبة لمعلمة متغير مؤشر أسعار الطاقة التي تتفق مع المنطق الاقتصادي، و يتبين أن درجة استجابة أسعار السلع الزراعية الرئيسية لتغيرات أسعار الطاقة قبل أزمة ارتفاع أسعار السلع الزراعية معتبرة و بلغت 0.15 كما هو مبين في المعادلة رقم (2)، و هذا يعني أن حدوث زيادة في أسعار الطاقة بـ 1% تؤدي إلى ارتفاع أسعار السلع الزراعية 0.15%، و إذا أخذنا بعين الاعتبار الفترة التي شهدت ارتفاع الأسعار و في نفس الوقت التوسع في إنتاج الوقود الحيوي نجد أن المرونة ارتفعت إلى حوالي 0.20 كما توضحه المعادلة رقم (3) و يمكن أن نرد هذا الارتفاع إلى تأثير الزيادة الكبيرة في إنتاج الوقود الحيوي اعتمادا على محاصيل الحبوب و الزيوت النباتية في أهم مناطق الإنتاج.
مع ملاحظة التأثير الهام للتضخم خلال هذه الفترة حيث تبين المعادلة أن ارتفاع معدلات التضخم بـ 1% تؤدي إلى ارتفاع أسعار السلع الزراعية 1.08%.

II) تأثير استخدام المحاصيل الغذائية في إنتاج الوقود الحيوي على الأسعار

1 - توصيف النموذج المستخدم: لتحليل العلاقة بين تغير أسعار الطاقة و أسعار السلع الزراعية وتأثير الوقود الحيوي اعتمادنا نموذج انحدار متعدد وفقا لطريقة المربعات الصغرى على الشكل الآتي:

$$y = \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \varepsilon_t \quad .....(1)$$

حيث:

y: المتغير التابع الذي يتمثل في سعر الذرة

x_1: المتغير المفسر الأول و الذي يتمثل في كميات الذرة المستخدمة في إنتاج الإيثانول في الولايات المتحدة الأمريكية

x_2: المتغير المفسر الثاني و الذي يتمثل في صادرات الذرة من الولايات المتحدة الأمريكية

α، β_1، β_2 و ε_t تمثل المقدرات و هي على التوالي: الحد الثابت، معامل المتغير المفسر الأول، معامل المتغير المفسر الثاني و حد الخطأ.

و بإدخال المتغيرات المستخدمة في الدراسة تكون معادلة الانحدار على الشكل:

$$MP = \alpha + \beta_1 MU + \beta_2 MXP \text{ .....(2)}$$

حيث:

MP: سعر الذرة بالدولار للطن

MU: كميات الذرة المستخدمة في إنتاج الإيثانول في الولايات المتحدة الأمريكية بالطن

MXP: صادرات الذرة من الولايات المتحدة الأمريكية بالطن

2- **البيانات المستخدمة:** لتقدير النموذج المشار إليه أعلاه استخدمنا بيانات أسعار السلع الأساسية للبنك العالمي بالنسبة لسعر الذرة، وبيانات وزارة الزراعة الأمريكية بالنسبة لكميات الذرة المستخدمة في إنتاج الإيثانول والصادرات للفترة 1996 – 2012.

3- **القياس الكمي و التحليل الاقتصادي:**

أ) **تقدير معالم النموذج:** لتقدير معالم معادلة الإنحدار استخدمنا البرنامج الإحصائي (EVIEWS) حيث كانت مخرجات التقدير كما يلي:

جدول رقم(4-8): تقدير معالم نموذج الانحدار للمعادلة (2)

Dependent Variable: MP
Method: Least Squares
Date: 04/21/15 Time: 22:36
Sample: 1996 2012
Included observations: 17

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
MU	1.102545	0.179689	6.135863	0.0000
MXP	-2.981432	0.922080	-3.233376	0.0060
C	226.6949	46.76466	4.847568	0.0003

R-squared	0.812930	Mean dependent var	148.1494
Adjusted R-squared	0.786205	S.D. dependent var	67.63507
S.E. of regression	31.27306	Akaike info criterion	9.882176
Sum squared resid	13692.06	Schwarz criterion	10.02921
Log likelihood	-80.99850	F-statistic	30.41908
Durbin-Watson stat	1.618496	Prob(F-statistic)	0.000008

المصدر: مخرجات البرنامج الإحصائي EVIEWS

من مخرجات التقدير تكون معادلة الإنحدار على الشكل:

$$MP = 226.69 + 1.10\ MU - 2.98\ MXP \quad ..... \quad (4)$$

يتبين من مخرجات التقدير أن كل من المعالم α، β_1 و β_2 ذات دلالة إحصائية عند مستوى معنوية 5%، حسب اختبار ستيودنت للمعنوية الجزئية للمعالم.

و تشير إحصاءة فيشر F إلى وجود معنوية كلية لمعالم الانحدار انطلاقا من اختبار فيشر للمعنوية الكلية للنموذج.

و يشير معامل التحديد المصحح إلى أن النموذج المقدر يفسر 78.62% من التغير في المتغير التابع بواسطة المتغيرات المستقلة المذكورة ما يعني وجود قدرة تفسيرية عالية للنموذج.

وفيما يتعلق بالاختبارات القياسية[26] المتعلقة بالمشاكل القياس التي تعتري نماذج القياس الاقتصادي فتبين خلو النموذج المقدر من هذه المشاكل، حيث تظهر قيمة إحصاءة دوربين واتسون (DW= 1.61) عدم وجود مشكل الارتباط الذاتي عند مقارنتها بالقيم الحرجة لتوزيع دوربين واتسون (D_1= 1.02) و (D_2= 1.54) بدرجتي حرية 17 و 2.

و يظهر اختبار وايت خلو النموذج من مشكل عدم تجانس التباين من خلال مقارنة إحصاءة مضاعف لاغرانج ($LM = nR^2 = 3.81$) المحسوبة مع إحصاءة كاي تربيع ($\chi^2_{0.05}(4) = 9.48$).

كما يظهر اختبار ARCH خلو النموذج من مشكل عدم تجانس التباين الشرطي للأخطاء من خلال مقارنة إحصاءة مضاعف لاغرانج ($LM = nR^2 = 0.33$) المحسوبة مع إحصاءة كاي تربيع ($\chi^2_{0.05}(2) = 5.99$).

أما بالنسبة للتوزيع الطبيعي لبواقي النموذج المقدر فيظهر اختبار جاك- بيرا أن البواقي تتوزع توزيعا طبيعيا من خلال مقارنة إحصائية جاك – بيرا ($S = 0.96$) مع إحصاءة كاي تربيع ($\chi^2_{0.05}(2) = 5.99$) حيث نقبل فرضية التوزيع الطبيعي للبواقي إذا كانت قيمة إحصائية جاك – بيرا أقل قيمة إحصائية كاي تربيع.

ب) التفسير الاقتصادي: يتضح من المعادلة (3) وجود علاقة طردية بين سعر الذرة و الكميات المستخدمة منها في إنتاج وقود الإيثانول في الولايات المتحدة الأمريكية من خلال الإشارة الموجبة لمعلمة متغير كمية الذرة المستخدمة في إنتاج الإيثانول، وعلاقة عكسية بين سعر الذرة و حجم الصادرات، و هو ما يتفق مع المنطق الاقتصادي، و يتبين من المعادلة أهمية تأثير إنتاج الوقود الحيوي معبرا عنه بالكميات المستخدمة من الذرة في

[26] أنظر الملاحق

إنتاجه في الولايات المتحدة الأمريكية على أسعار الذرة، حيث تعتبر الولايات المتحدة الأمريكية أكبر منتج ومصدر للذرة عالميا، و قد تزايدت نسبة الحجم المستخدم من الذرة إلى إجمالي الإنتاج بصورة كبيرة حيث ارتفعت من 4.64% في سنة 1996 إلى 41.74% في سنة 2012 مما أثر على حجم الصادرات التي تراجعت من 19.57% إلى 7.66% خلال نفس الفترة.

وفيما يتعلق بالتأثير على الأسعار، فتوضح المعادلة أن زيادة الحجم المستخدم من الذرة لإنتاج الإيثانول بـ 1 مليون طن تؤدي إلى ارتفاع سعر الذرة بـ 1.1 دولار للطن، بينما يؤدي ارتفاع الصادرات بـ 1 مليون طن إلى انخفاض إلى انخفاض السعر بـ 2.98 دولار للطن؛ و من هنا تتضح أهمية التأثير المتراكم لتوسع إنتاج الإيثانول باستخدام الذرة على الأسعار من خلال تزايد الحجم المستخدم و تراجع الصادرات من الذرة في آن واحد.

المطلب الرابع: تأثير ارتفاع أسعار محاصيل الوقود الحيوي على أسعار المحاصيل الغذائية الأساسية

تطرقنا في المطلب السابق إلى تأثير الوقود الحيوي كجزء من سوق الطاقة في أسعار السلع الزراعية الرئيسية، ولدراسة تأثير إنتاج الوقود الحيوي في أهم الأسواق على أسعار المحاصيل الغذائية الرئيسية سنتناول دراسة تأثير إنتاج الإيثانول في الولايات المتحدة الأمريكية على أسعار الحبوب و إنتاج الديزل الحيوي في الاتحاد الأوروبي على الزيوت النباتية من خلال علاقة الإحلال بين الذرة و القمح بالنسبة للإيثانول و العلاقة بين زيت بذور اللفت وزيت النخيل بالنسبة للديزل الحيوي.

1- محاصيل الحبوب: نتناول في هذا العنصر تأثير تغير أسعار الذرة باعتبارها المحصول الرئيسي لإنتاج الإيثانول في الولايات المتحدة الأمريكية على أسعار القمح كأهم محاصيل الحبوب، باستخدام نموذج انحدار متعدد.

أ) توصيف النموذج: اعتمدنا نموذج انحدار متعدد مماثل للنموذج رقم (1) بمتغيرين مفسرين على الشكل:

$$LWP = \alpha + \beta_1 LMP + \beta_2 LF \qquad .....(5)$$

حيث:

LWP: لوغاريتم سعر القمح

LMP: لوغاريتم سعر الذرة

LF: لوغاريتم مؤشر التضخم

α، β_1 و β_2: معالم الانحدار و تمثل على التوالي الحد الثابت و معاملات المتغيرين المفسرين و التي تعبر عن درجة استجابة سعر القمح للتغير في المتغيرين المفسرين.

ب) البيانات المستخدمة: لتقدير النموذج (5) المشار إليه أعلاه استخدمنا بيانات أسعار السلع الأساسية للبنك العالمي للفترة 1975- 2013

ج) القياس الكمي و التحليل الاقتصادي:

- تقدير معالم النموذج: لتقدير معالم معادلة الانحدار استخدمنا البرنامج الإحصائي (EVIEWS) حيث كانت مخرجات التقدير كما يلي:

جدول رقم(4-9): تقدير معالم نموذج الانحدار للمعادلة رقم (5)

Dependent Variable: LWP
Method: Least Squares
Date: 04/19/15 Time: 18:57
Sample: 1975 2013
Included observations: 39
Convergence achieved after 8 iterations

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LMP	0.754394	0.073126	10.31634	0.0000
LF	0.344110	0.141187	2.437257	0.0200
C	-0.017766	0.216795	-0.081947	0.9352
AR(1)	0.501687	0.139963	3.584424	0.0010

R-squared	0.938971	Mean dependent var	2.211611
Adjusted R-squared	0.933740	S.D. dependent var	0.130874
S.E. of regression	0.033688	Akaike info criterion	-3.846428
Sum squared resid	0.039721	Schwarz criterion	-3.675806
Log likelihood	79.00535	F-statistic	179.5002
Durbin-Watson stat	1.813458	Prob(F-statistic)	0.000000

Inverted AR Roots	.50

المصدر: مخرجات البرنامج الإحصائي EVIEWS

من مخرجات التقدير تكون معادلة الإنحدار على الشكل:

LWP = -0.0177 + 0. 7543 LMP + 0.3441 LF ..... (6)

يتبين من مخرجات التقدير أن المعلمة α غير معنوية إحصائيا، أما المعلمتان β_1، β_2 فلهما دلالة إحصائية عند مستوى معنوية 5% حسب اختبار المعنوية الجزئية (اختبار ستيودنت).

فبمقارنة قيم Prob للمعالم بمستوى المعنوية نجدها أقل من 0.05 بالنسبة لـ β_1 و β_2، أي أن المعلمتين لهما دلالة إحصائية وتختلف معنويا عن الصفر عند مستوى 5 %، بينما نجد أن α غير معنوية إحصائيا.

و تشير إحصاءة فيشر (F= 179.5) إلى وجود معنوية كلية لمعالم الانحدار عند مستوى الدلالة 5%.

و يشير معامل التحديد المصحح إلى أن النموذج المقدر يفسر 93.37% من التغير في المتغير التابع بواسطة المتغيرات المستقلة المذكورة ما يعني وجود قدرة تفسيرية عالية للنموذج.

وفيما يتعلق بالاختبارات القياسية[27] المتعلقة بالمشاكل القياس التي تعتري نماذج القياس الاقتصادي فتبين خلو النموذج المقدر من هذه المشاكل، حيث تمت معالجة مشكل الارتباط الذاتي عن طريق الانحدار الذاتي من الرتبة الأولى AR(1) كما هو موضح في الجدول رقم (4 -9) حيث تظهر قيمة إحصاءة دوربين واتسون القريبة من 2 (DW= 1.81).

و يظهر اختبار وايت خلو النموذج من مشكل عدم تجانس التباين من خلال مقارنة إحصاءة مضاعف لاغرانج ($LM = nR^2 = 0.75$) المحسوبة مع إحصاءة كاي تربيع ($\chi^2_{0.05}(4) = 9.48$).

كما يظهر اختبار ARCH خلو النموذج من مشكل عدم تجانس التباين الشرطي للأخطاء من خلال مقارنة إحصاءة مضاعف لاغرانج ($LM = nR^2 = 1.16$) المحسوبة مع إحصاءة كاي تربيع ($\chi^2_{0.05}(2) = 5.99$).

أما بالنسبة للتوزيع الطبيعي لبواقي النموذج المقدر فيظهر اختبار جاك- بيرا أن البواقي تتوزع توزيعا طبيعيا من خلال مقارنة إحصائية جاك – بيرا ($S = 1.5$) مع إحصاءة كاي تربيع ($\chi^2_{0.05}(2) = 5.99$) حيث نقبل فرضية التوزيع الطبيعي للبواقي إذا كانت قيمة إحصائية جاك – بيرا أقل قيمة إحصائية كاي تربيع.

و لدراسة استقرارية النموذج اعتمدنا اختبار شو chow للاستقرارية، حيث قسمنا فترة الدراسة إلى فترتين انطلاقا من سنة 2005 كسنة فاصلة بين الفترتين على اعتبار أنها تمثل سنة صدور قانون أمن و استقلال الطاقة الأمريكي وتفوق الولايات المتحدة على البرازيل كأكبر منتج للإيثانول في العالم. و بمقارنة إحصائية فيشر المحسوبة ($F = 0.72$) إحصائية فيشر المجدولة بمستوى معنوية 5% و درجات حرية 3 و33، حيث نقبل فرضية الاستقرارية إذا كانت قيمة الإحصائية المحسوبة أقل المجدولة.

- **التفسير الاقتصادي:** تبين المعادلة (6) وجود علاقة طردية بين سعر القمح وسعر الذرة من خلال الإشارة الموجبة لمعامل سعر الذرة ($\beta_1 = 0.8$) و هو ما يتفق مع النظرية الاقتصادية حيث تكون العلاقة بين سعر السلعة و سعر سلعة بديلة علاقة طردية، و يوضح هذا المعامل وجود علاقة قوية بين سعر القمح و سعر الذرة من

[27] أنظر الملاحق

خلال درجة الاستجابة الكبيرة التي تعكسها قيمة المرونة حيث أن ارتفاع سعر الذرة بنسبة 1% تؤدي إلى ارتفاع سعر القمح بنسبة 0.8% و تعبر أيضا عن درجة الإحلال العالية بين القمح و الذرة في سوق السلع الزراعية الأساسية. و هذا يعني أن السياسات و الإجراءات التي تؤثر في سوق الذرة يكون لها تأثير مماثل في سوق القمح، و بالتالي يفسر دور طفرة إنتاج الوقود الحيوي في ارتفاع أسعار الحبوب الرئيسية عبر ارتفاع سعر الذرة نتيجة لارتفاع الطلب عليها لإنتاج الإيثانول، و الذي يظهر في توافق حركة أسعار القمح و أسعار الذرة التي يوضحها الشكل رقم (4-1).

2- **الزيوت النباتية:** نتناول في هذا العنصر تأثير ارتفاع سعر زيت بذور اللفت باعتباره المصدر الرئيسي لإنتاج الديزل الحيوي في الاتحاد الأوروبي و سعر زيت النخيل الذي يتم استيراده أيضا لإنتاج الوقود على سعر زيت الصوجا كأحد أهم الزيوت النباتية الغذائية، باستخدام نموذج انحدار متعدد.

أ) **توصيف النموذج:** اعتمدنا نموذج انحدار متعدد مماثل للنموذج رقم (5) على الشكل:

$$LSP = \alpha + \beta_1 LRP + \beta_2 LPP \quad ..... \quad (7)$$

حيث:

LSP: لوغاريتم سعر زيت الصوجا

LRP: لوغاريتم سعر زيت بذور اللفت

LPP: لوغاريتم سعر زيت النخيل

α، β_1 و β_2: معالم الانحدار و تمثل على التوالي الحد الثابت و معاملات المتغيرين المفسرين و التي تعبر عن درجة استجابة سعر زيت الصوجا للتغير في المتغيرين المفسرين.

- **البيانات المستخدمة:** لتقدير النموذج (7) المشار إليه أعلاه استخدمنا بيانات أسعار السلع الأساسية للبنك العالمي بالنسبة لسعر زيت الصوجا و سعر زيت النخيل، أما بالنسبة لسعر زيت بذور اللفت التي لا تتوفر ضمن بيانات البنك العالمي فقد اعتمدنا بيانات مؤشرات السلع الرئيسية لصندوق النقد الدولي للفترة 1991-2013.

3- القياس الكمي و التحليل الاقتصادي:

أ) تقدير معالم النموذج: لتقدير معالم معادلة الانحدار استخدمنا البرنامج الإحصائي (EVIEWS) حيث كانت مخرجات التقدير كما يلي:

جدول رقم(4-10): تقدير معالم نموذج الانحدار للمعادلة رقم (7)

Dependent Variable: LSP
Method: Least Squares
Date: 04/18/15 Time: 18:20
Sample: 1991 2013
Included observations: 23
Convergence achieved after 9 iterations

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LRP	0.585904	0.084398	6.942187	0.0000
LPP	0.405995	0.082900	4.897408	0.0001
C	0.031510	0.122457	0.257316	0.7997
AR(1)	0.612610	0.146594	4.178950	0.0005

R-squared	0.988771	Mean dependent var	2.802631
Adjusted R-squared	0.986998	S.D. dependent var	0.173440
S.E. of regression	0.019777	Akaike info criterion	-4.851812
Sum squared resid	0.007432	Schwarz criterion	-4.654335
Log likelihood	59.79584	F-statistic	557.6612
Durbin-Watson stat	1.735386	Prob(F-statistic)	0.000000

Inverted AR Roots	.61

المصدر: مخرجات البرنامج الإحصائي EVIEWS

من مخرجات التقدير تكون معادلة الإنحدار على الشكل:

$$LSP = -0.03151 + 0.585904\ LRP + 0.405995\ LPP \quad ..... \quad (8)$$

يتبين من مخرجات التقدير أن المعلمة α غير معنوية إحصائيا، أما المعلمتان β_1، β_2 فلهما دلالة إحصائية عند مستوى معنوية 5% حسب اختبار المعنوية الجزئية (اختبار ستيودنت).

فبمقارنة قيم Prob للمعالم بمستوى المعنوية نجدها أقل من 0.05 بالنسبة للمعلمتين β_1 و β_2 أي أن كل منهما ذات دلالة إحصائية وتختلف معنويا عن الصفر عند مستوى 5 %، بينما نجد أن α غير معنوية إحصائيا.

و تشير إحصاءة فيشر (F= 557.66) إلى وجود معنوية كلية لمعالم الانحدار عند مستوى الدلالة 5%.

و يشير معامل التحديد المصحح إلى أن النموذج المقدر يفسر 98.7% من التغير في المتغير التابع بواسطة المتغيرات المستقلة المذكورة ما يعني وجود قدرة تفسيرية عالية للنموذج.

وفيما يتعلق بالاختبارات القياسية[28] المتعلقة بالمشاكل القياس التي تعتري نماذج القياس الاقتصادي فتبين خلو النموذج المقدر من هذه المشاكل، حيث تمت معالجة مشكل الارتباط الذاتي عن طريق الانحدار الذاتي من الرتبة الأولى AR(1) كما هو موضح في الجدول رقم (4-10) حيث تظهر قيمة إحصاءة دوربين واتسون القريبة من 2 (DW= 1.73).

و يظهر اختبار وايت خلو النموذج من مشكل عدم تجانس التباين من خلال مقارنة إحصاءة مضاعف لاغرانج ($LM = nR^2 = 7.74$) المحسوبة مع إحصاءة كاي تربيع ($\chi^2_{0.05}(4) = 9.48$).

كما يظهر اختبار ARCH خلو النموذج من مشكل عدم تجانس التباين الشرطي للأخطاء من خلال مقارنة إحصاءة مضاعف لاغرانج ($LM = nR^2 = 1.10$) المحسوبة مع إحصاءة كاي تربيع ($\chi^2_{0.05}(2) = 5.99$).

أما بالنسبة للتوزيع الطبيعي لبواقي النموذج المقدر فيظهر اختبار جاك- بيرا أن البواقي تتوزع توزيعا طبيعيا من خلال مقارنة إحصائية جاك – بيرا ($S = 0.77$) مع إحصاءة كاي تربيع ($\chi^2_{0.05}(2) = 5.99$) حيث نقبل فرضية التوزيع الطبيعي للبواقي إذا كانت قيمة إحصائية جاك – بيرا أقل قيمة إحصائية كاي تربيع.

و لدراسة استقرارية النموذج اعتمدنا اختبار شو chow للاستقرارية، حيث قسمنا فترة الدراسة إلى فترتين انطلاقا من سنة 2003 كسنة فاصلة بين الفترتين على اعتبار أنها تمثل سنة دخول التعليمات الأوروبية لبرامج الوقود الحيوي حيز التنفيذ. و بمقارنة إحصائية فيشر المحسوبة ($F = 2.36$) إحصائية فيشر المجدولة بمستوى معنوية 5% و درجات حرية 3 و 17 ($F = 3.20$) حيث نقبل فرضية الاستقرارية إذا كانت قيمة الإحصائية المحسوبة أقل المجدولة.

ب) التفسير الاقتصادي: تبين المعادلة (4) وجود علاقة طردية بين سعر زيت الصوجا وسعر كل من زيت بذور اللفت وزيت النخيل من خلال الإشارة الموجبة لمعاملي هذين المتغيرين الأخيرين على التوالي ($\beta_1 = 0.585$) و ($\beta_2 = 0.406$) و هو ما يتفق مع النظرية الاقتصادية حيث تكون العلاقة بين سعر السلعة و سعر سلعة بديلة علاقة طردية، و يوضح هذا المعامل وجود علاقة قوية بين سعر زيت الصوجا و سعر زيت بذور اللفت و زيت النخيل من خلال درجة الاستجابة الكبيرة التي تعكسها قيمة المرونة، حيث أن ارتفاع سعر زيت اللفت بنسبة 1% تؤدي إلى ارتفاع سعر زيت الصوجا بنسبة 0.58% مع افتراض ثبات سعر زيت النخيل، بينما يؤدي ارتفاع سعر زيت النخيل بـ 1% إلى ارتفاع سعر زيت الصوجا بـ 0.4% مع افتراض ثبات سعر زيت بذور اللفت و تعبر أيضا عن درجة الإحلال بين زيت الصوجا و زيت بذور اللفت و زيت النخيل في سوق السلع الزراعية

[28] أنظر الملاحق

الأساسية سواء في الاستخدامات الغذائية أو في إنتاج الوقود الحيوي على اعتبار أن الزيوت الثلاث تستخدم كزيوت غذائية و كمواد وسيطة لإنتاج الديزل الحيوي. و هذا يعني أن السياسات و الإجراءات التي تؤثر في سوق زيت بذور اللفت و زيت النخيل سيكون لها تأثير كبير في سوق زيت الصوجا، و بالتالي يفسر تأثير نمو الطلب الأوروبي على زيت بذور اللفت المنتج محليا كمدخل أساسي لإنتاج الديزل الحيوي و كذلك زيادة الطلب على واردات زيت النخيل في ارتفاع سعر زيت الصوجا، أي أن ارتفاع الطلب على زيت بذور اللفت في الاتحاد الأوربي لإنتاج الديزل الحيوي لا يتوقف تأثيره على ارتفاع سعر زيت بذور اللفت فقط و إنما يمتد إلى أسعار بقية الزيوت النباتية عبر آلية الإحلال و ذلك بارتفاع الطلب على هذه الزيوت كبدائل لزيت بذور اللفت نتيجة لارتفاع سعره في أسواق الطاقة وأسواق الغذاء.

المبحث الثالث: تأثيرات توسع إنتاج الوقود الحيوي على أبعاد الأمن الغذائي

زاد الاهتمام بقضية الغذاء كأحد القضايا الأساسية للتنمية في العالم منذ الأزمة الغذائية العالمية الأولى سنة 1974 حيث وجدت الدول النامية نفسها غير قادرة على تأمين احتياجاتها الغذائية من الأسواق الدولية في ظل عدم كفاية إنتاجها المحلي لمواجهة متطلبات الاستهلاك المتزايدة، ومع مطلع القرن الحالي أعادت طفرة إنتاج الوقود الحيوي الاهتمام بقضية الأمن الغذائي نظرا لتنامي الحجم المستخدم من المحاصيل الغذائية الأساسية في إنتاج هذا الوقود و ما ينجر عن ذلك من تبعات اقتصادية و اجتماعية تمس على وجه الخصوص الدول النامية المستوردة الصافية للغذاء.

المطلب الأول: مفهوم الأمن الغذائي و أبعاده

تطور مفهوم الأمن الغذائي مع تغير الظروف الدولية و تطور الاهتمام بقضية الغذاء على الصعيد العالمي، في هذا الإطار نجد مجموعة من المفاهيم المتداخلة نبينها في ما يلي.

1- مفهوم الاكتفاء الذاتي: يقصد بالاكتفاء الذاتي قدرة المجتمع على تحقيق الاعتماد الكامل على النفس و الموارد و الإمكانيات الذاتية في إنتاج كل احتياجاته الغذائية محليا بتوجيه الموارد المتاحة لإنتاج مختلف متطلبات الغذاء محليا و العمل على الحد من وارداتها بغض النظر عن كفاءة تخصيص الموارد في إنتاج هذه المنتجات.

و يعرف أيضا بأنه قدرة البلد على توفير احتياجاته من السلع الغذائية عن طريق الإنتاج المحلي، و إذا تعذر ذلك، يفترض ألا تكون قيمة الواردات من السلع الزراعية أكبر من قيمة الصادرات الزراعية، و يتحقق الاكتفاء الذاتي في حالة التوازن بين الإنتاج و الاستهلاك[29].

تشير التعاريف السابقة إلى أن الاكتفاء الذاتي يتوقف على استخدام الموارد الذاتية دون اللجوء إلى الخارج، غير أن هذا المفهوم يثير مجموعة من التساؤلات حول إمكانية تحقيق هذا الهدف فعليا من الناحية الاقتصادية و مدى عقلانية ذلك. لكن رغم ذلك يبقى تحقيق الاكتفاء الذاتي الكلي أو الجزئي بالنسبة للسلع الأساسية مسألة حيوية بالنسبة للدول النامية ذات العجز الغذائي في عالم متقلب يمكن أن تحول فيه متغيرات عديدة دون إمكانية الحصول على المنتجات الغذائية الأساسية من الأسواق الدولية بشكل آمن.

[29] ناصر عبيد الناصر، واقع الأمن الغذائي العربي و آفاق تطوره، مجلة جامعة دمشق، العدد 2، 1998، ص 164

2- مفهوم الأمن الغذائي: نظرا للشكوك التي تحيط بإمكانية تحقيق الاكتفاء الذاتي يميل أغلب الاقتصاديين إلى استخدام مفهوم الأمن الغذائي، و ذلك ربما لثلاثة أسباب رئيسية تتمثل في:

محدودية الموارد الطبيعية الزراعية و هو ما يحتم استغلالها بشكل مستدام؛

إمكانية الاستفادة من المزايا النسبية في الإنتاج في ظل الانفتاح التجاري العالمي و الاعتماد المتبادل بين الدول؛

تغير متطلبات الأفراد من الغذاء كما ونوعا تبعا للتحولات الديمغرافية و ارتفاع مستويات المعيشة.

و قد عرف الأمن الغذائي في قمة الغذاء العالمية المنعقدة بروما سنة 1974 على أنه توفر "التجهيزات الغذائية من المواد الغذائية الأساسية في جميع الأوقات، لتحمل التوسع في الاستهلاك و لمعادلة التقلبات في الإنتاج و الأسعار."[30]

هذا التعريف يحصر مفهوم الأمن الغذائي في جانب العرض أي إتاحة مقدار كافي من المواد الغذائية.

أما منظمة الأغذية و الزراعة للأمم المتحدة فقد عرفت الأمن الغذائي بأنه " الحال التي يكون فيها كل الأفراد وفي كل الأوقات قادرين اقتصاديا و اجتماعيا على الحصول على كمية كافية وآمنة وذات قيمة غذائية من الطعام تلبي احتياجاتهم وفق تفضيلاتهم، من أجل حياة صحية ونشطة."[31]

بينما تعرفه المنظمة العربية للتنمية الزراعية بأكثر تفصيل إذ يعني أن تنتج الدولة أكبر قدر ممكن مما تحتاجه من الغذاء بطريقة اقتصادية تراعي الميزة النسبية لتلك الدولة في إنتاج السلع الغذائية التي تحتاجها، و في حدود ما تملكه من موارد و مقومات، و أن تكون منتجاتها قادرة على التنافس مع المنتجات الأجنبية، و أن يتوفر في صادراتها الزراعية أو غيرها ميزة نسبية في إنتاجها، و أن توفر للأفراد ما يكفيهم من الغذاء بالكم و النوع اللازمين للنشاط و الصحة، مع مراعاة عدالة توزيع الغذاء لكل الأفراد في المجتمع، لا سيما ذوي الدخل المحدود.[32]

3- أبعاد الأمن الغذائي: يتمحور الأمن الغذائي حول أربعة أبعاد رئيسية تتمثل في الأبعاد الآتية:

أ) إتاحة الغذاء: وتتمثل في وفرة المنتجات الغذائية التي تتحقق أساسا من خلال زيادة حجم الإنتاج الذاتي، وتقاس الإتاحة بمدى قدرة الدولة على توفير الاحتياجات الغذائية للسكان سواء من إنتاجها المحلي أو عن طريق الاستيراد، و تعبر عن صافي التغير في الإنتاج و المخزونات و صافي الواردات الغذائية. و يرتبط مقدار المتاح من

[30] رقية خلف حمد الجبوري، السياسات الزراعية و أثرها غي الأمن الغذائي في بعض البلدان العربية، مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت، 2012، ص 59

[31] Josef Schmidhuber, Impact of an increased biomass use on agricultural markets, prices and food security: a longer time perspective, international symposium of Notre Europe, Paris, 27 – 29 Novembre 2006

[32] رقية خلف حمد الجبوري، مرجع سابق، ص 60

الغذاء بإنتاجية الموارد الزراعية و النمو السكاني و كذلك تزايد الاستخدامات غير الغذائية للمنتجات الغذائية مثل الوقود الحيوي.

ب) إمكانية الحصول على الغذاء: وتتمثل فى جانب الطلب، وتقاس بقدرة الأفراد على الحصول على احتياجاتهم الغذائية التي ترتبط بمستوى الدخل و تكاليف الإنتاج و الاستيراد، و كذلك نمو الإنتاج و زيادة حجم المعروض من الغذاء و السياسات الاقتصادية والاجتماعية المتعلقة بالدعم و تحرير الأسعار وغيرها.

تتأثر إمكانية الحصول على الغذاء بمجموعة من العوامل أهمها:

- أسعار السلع الغذائية؛
- مستوى دخل الفرد؛
- النمو السكاني؛
- نمو الإنتاج الزراعي و تكاليف الإنتاج.

ج) أمان الغذاء: إضافة إلى توفير كميات كافية من الغذاء و ذات قيمة غذائية، يرتبط الأمن الغذائي بمجموعة من الاعتبارات المتعلقة بالنوعية والمواصفات التي تضمن سلامة الغذاء و صلاحيته للاستهلاك دون تعريض صحة المستهلك للخطر، و تشمل هذه المواصفات مختلف مراحل إنتاج و تحويل، توزيع و تخزين المنتجات الغذائية.

د) استقرار الإمدادات: ويتمثل استقرار إمدادات الغذاء في إتاحة غذاء آمن، مع القدرة على الحصول عليه بصورة مستمرة عبر الزمن، دون التعرض للتقلبات أو ألازمات، وذلك وفق ما يتبع من السياسات والبرامج والتدابير ذات العلاقة.[33]

4- مفهوم اللاأمن الغذائي: يقابل مفهوم الأمن الغذائي مفهوم انعدام الأمن الغذائي و تنتشر هذه الحالة في العديد من الدول النامية بدرجات متفاوتة، و نميز بين حالتين لانعدام الأمن الغذائي:

أ) اللاأمن الغذائي المؤقت: نقص مؤقت في فرص الحصول على الغذاء بسبب عدم كفاءة الأداء الاقتصادي والتقلبات في الإنتاج و الأسعار التي تتعرض لها المنتجات الزراعية و الغذائية، إضافة إلى الصدمات الاقتصادية الطارئة التي تؤثر على القدرة الشرائية للأفراد.

[33] المنظمة العربية للتنمية الزراعية، أوضاع الأمن الغذائي العربي، الخرطوم، 2011، ص 41

ب) اللأمن الغذائي المزمن: عدم الحصول باستمرار على قدر كاف من الغذاء نتيجة لعجز الموارد الاقتصادية الزراعية عن توفير المتطلبات الغذائية الضرورية و انخفاض القدرة الشرائية و الفقر، و المشاكل الهيكلية التي يعاني منها الاقتصاد الوطني.

و عليه يمكن أن نقول أن الأمن الغذائي هو الحالة التي تتمكن فيها الدولة من توفير الاحتياجات الغذائية للسكان بصورة منتظمة و كميات كافية و أسعار مناسبة، تكفل حياة صحية و تمكن من القيام بكافة النشاطات الإنسانية. لكن الآليات المفضية إلى تحقيق هذه الحالة تختلف من منطقة لأخرى و من دولة إلى أخرى في ظل التغيرات الاقتصادية الدولية الراهنة، مما يدفع إلى ضرورة دراسة الأمن الغذائي في إطار جغرافي معين. كما أن توفر الأغذية لا يعني بالضرورة تحقق الأمن الغذائي على المستويين الكلي والجزئي، لذلك لا بد من وجود مؤشرات لقياس حالة الأمن الغذائي و متابعة تطورها.

المطلب الثاني: أثر الوقود الحيوي على حجم المتاح من الغذاء في الأسواق الدولية

انعكس توسع إنتاج الوقود الحيوي على حجم إمدادات السلع الغذائية الأساسية من الحبوب و الزيوت النباتية إلى الأسواق الدولية، حيث تراجع الحجم المتاح للتصدير بشكل كبير في أهم مناطق الإنتاج مما أثر سلبا على إتاحة الغذاء في الدول النامية المستوردة للغذاء.

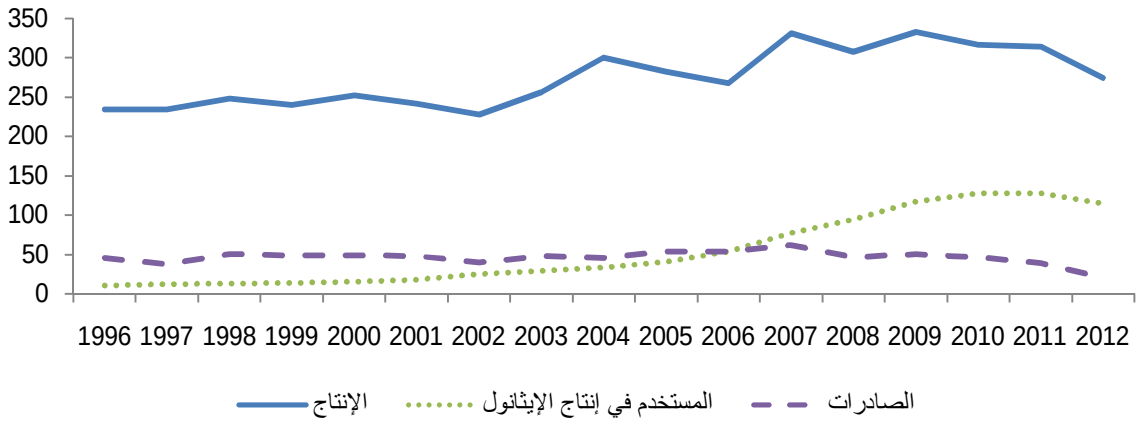
1- تراجع صادرات الحبوب: تعتبر الحبوب أهم عناصر سلة الغذاء العالمية خاصة في الدول المتوسطة والمنخفضة الدخل حيث تمثل الحبوب الوزن الأكبر في سلة الغذاء، و هو ما يعني ضرورة توفر الكميات الكافية من الحبوب في الأسواق الدولية لضمان مستويات مقبولة من الأمن الغذائي للسكان في الدول المستوردة الصافية للغذاء التي تتأثر بشكل مباشر بانخفاض حجم المعروض في الأسواق الدولية؛ و قد كان للتوسع في إنتاج الإيثانول في الولايات المتحدة الأمريكية باستخدام محصول الذرة تأثير كبير في تراجع تزويد الأسواق الدولية بهذه السلعة الغذائية.

فالولايات المتحدة الأمريكية إلى جانب كونها أكبر منتج للذرة عالميا، تعتبر أول مزود للأسواق الدولية بهذه السلعة بنسبة بلغت 62% من الصادرات العالمية كمتوسط للفترة 1961 – 1999، هذا المستوى من الصادرات تراجع إلى أقل من 50% ابتداء من سنة 2007، فرغم نمو الإنتاج الأمريكي خلال هذه الفترة إلا أن الصادرات عرفت تراجعا مطردا بالتزامن مع النمو الكبير في إنتاج الوقود الحيوي الذي ظهر بشكل واضح في الأزمة الغذائية

2007 – 2008 حيث تجاوز حجم الذرة المستخدم في إنتاج الإيثانول حجم الصادرات لأول مرة في سنة 2007 كما هو موضح في الشكل (4- 2)، و تشير بيانات وزارة الزراعة الأمريكية إلى أن الحجم المستخدم من الذرة في إنتاج الإيثانول ارتفع إلى أكثر من الضعف ما بين سنتي 2007 و 2012، بينما تراجعت كمية الصادرات إلى أقل من النصف خلال نفس الفترة، و في ظل الثبات النسبي للإنتاج و الاستخدام الغذائي المحلي فإن إنتاج الإيثانول يمثل العامل المفسر الأول لتراجع حجم الصادرات الأمريكية.

شكل رقم (4-2): تطور إنتاج و صادرات الذرة و الحجم المستخدم لإنتاج الإيثانول في الولايات المتحدة الأمريكية 1996 – 2012

الوحدة: مليون طن



المصدر: من إعداد الباحث اعتمادا على بيانات وزارة الزراعة الأمريكية

شمل تراجع الصادرات كذلك سوق القمح الذي يعتبر أهم و أكبر أسواق الحبوب العالمية، نظرا لزيادة الحجم المستخدم كمادة أولية في إنتاج الإيثانول في دول الاتحاد الأوروبي حيث يغطي القمح 39% من إنتاج الإيثانول في الأوروبي إضافة إلى تزايد استخدامه كبديل للذرة في إنتاج الأعلاف في الولايات المتحدة الأمريكية التي تعتبر أكبر مصدر للقمح عالميا، أين ارتفع الحجم المستخدم من 4.4 مليون طن إلى 6 مليون طن بين سنتي 2011 و2012، إضافة إلى فقدان القمح لمكانته في الزراعة الأمريكية لصالح الذرة و فول الصوجا المستخدمين لإنتاج الوقود الحيوي، و هو ما انعكس على تراجع حجم الصادرات الأمريكية من القمح بشكل كبير خاصة ما بين سنتي 2008 و 2010 حيث انخفض حجم الصادرات الأمريكية من 34.36 مليون طن خلال موسم 2008/2007 إلى 27.64 مليون طن في الموسم 2009/2008 لتصل إلى 23.93 مليون طن خلال

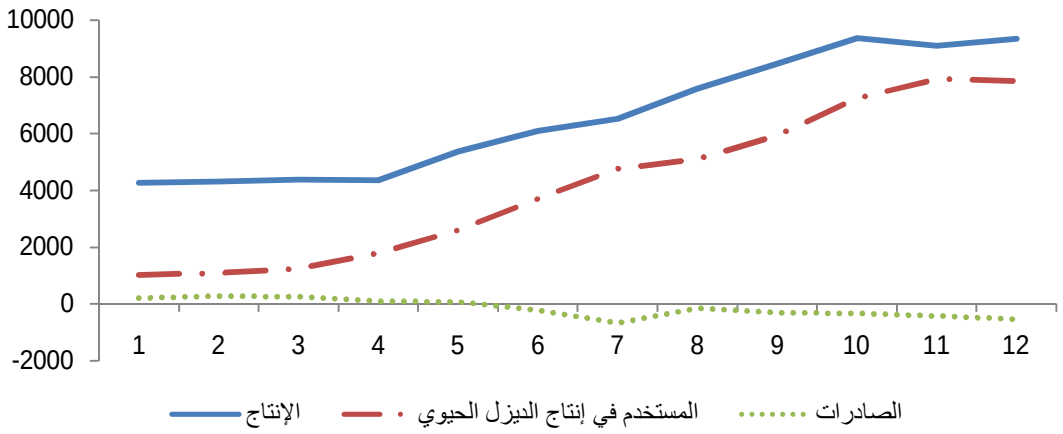
الموسم 2010/2009، ويمكن ملاحظة نفس الأثر على إجمالي الصادرات العالمية التي انخفضت من 143.66 مليون طن خلال الموسم 2009/2008 إلى 135.80 مليون طن خلال الموسم 2010/2009 لتنخفض إلى 132.48 مليون طن خلال الموسم 2011/2010.[34]

2- تراجع صادرات الزيوت النباتية: تتركز الصادرات العالمية من الزيوت النباتية الغذائية في ثلاثة مصادر رئيسية تتمثل على التوالي في زيت النخيل بـ 53 %، زيت الصوجا بـ 16% و زيت بذور اللفت بحوالي 9%، كما تتركز صادرات البذور الزيتية في مصدرين أساسيين هما فول الصوجا بـ 77% و بذور اللفت بـ 14%، هذان اللذان يمثلان أيضا المصدرين الأساسيين لإنتاج الديزل الحيوي في الولايات المتحدة الأمريكية و الاتحاد الأوروبي، فعلى غرار إنتاج الإيثانول من الذرة في الولايات المتحدة الأمريكية يستخدم جزء هام من زيت بذور اللفت في إنتاج الديزل الحيوي في الاتحاد الأوروبي الذي يعتبر أكبر منتج لزيت بذور اللفت عالميا بأكثر من ثلث الإنتاج العالمي، وقد ارتفع الحجم المستخدم من زيت بذور اللفت لإنتاج الديزل الحيوي في الاتحاد الأوروبي من 1.024 مليون طن في سنة 2001/2000 إلى 7.839 مليون طن في سنة 2012/2011، هذا النمو الكبير لاستخدام زيت بذور اللفت في إنتاج الديزل الحيوي انعكس سلبا على الميزان التجاري الأوروبي لزيت بذور اللفت الذي يسجل عجزا متزايدا منذ سنة 2005 أين تحول الاتحاد الأوروبي من مصدر إلى مستورد لزيت بذور اللفت، و هو ما يوضح التأثير الكبير لإنتاج الديزل الحيوي الأوروبي على أسواق الزيوت النباتية، فعلاوة على امتصاصه لمعظم الإنتاج الأوروبي من زيت بذور اللفت بنسبة 83.88% في موسم 2012/2011 فإنه أصبح يمثل جزء من الطلب على المعروض عالميا لتعويض انخفاض حجم الإنتاج الموجه للاستخدامات الغذائية، حيث ارتفعت الواردات الأوروبية من 231 ألف طن في 2006/2005 إلى 547 ألف طن في الموسم 2012/2011 وهو ما يجعل الاتحاد الأوروبي ثاني أكبر مستورد للزيوت النباتية عالميا بعد الصين حسب منظمة الأغذية و الزراعة العالمية و منظمة التعاون الاقتصادي و التنمية اللتان تشير تقديراتهما إلى أن الواردات الأوروبية ستواصل ارتفاعها بنسبة 42% حتى سنة 2020.

[34] USDA, World Agricultural Supply and Demand Estimates Report (WASDE) (various issues), http://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/ consulté le: 25/04/2015

شكل رقم (4-3): تطور إنتاج و صادرات زيت بذور اللفت و الحجم المستخدم لإنتاج الديزل الحيوي في الاتحاد الأوروبي 2000 – 2012

الوحدة: ألف طن



المصدر: من إعداد الباحث اعتمادا على بيانات (world agricultural outlook) لمعهد أبحاث سياسات الأغذية و الزراعة على الموقع: http://www.fapri.org/outlook/2011/

3- **انخفاض مخزونات الحبوب العالمية:** تلعب مخزونات الغذاء دورا أساسيا في احتواء تقلبات العرض والطلب في الأسواق الدولية و التخفيف من تقلبات الأسعار، غير أن انخفاض حجم هذه المخزونات يساهم في ارتفاع أسعار السلع الغذائية و زيادة تقلباتها، حيث يعكس وجود اضطرابات في الأسواق نتيجة لارتفاع الطلب أو انخفاض العرض، و قد كان انخفاض المخزونات الغذائية أحد مظاهر أزمة ارتفاع أسعار السلع الغذائية 2008، فحسب بيانات منظمة الأغذية و الزراعة العالمية انخفضت نسبة المخزون إلى الاستهلاك من الحبوب في سنة 2008 عالميا إلى أدنى مستوياتها منذ أزمة 1974 مسجلة نسبة 18.5% وتظهر البيانات انخفاض نسبة مخزونات القمح العالمية إلى 20% و مخزونات الحبوب الخشنة إلى 14.7%[35] متأثرة بتراجع المخزونات في الدول المنتجة الرئيسية و على رأسها الولايات المتحدة الأمريكية حيث شهدت مخزونات الحبوب بها تراجعا مطردا ابتداء من سنة 2005 بالتزامن مع توسع البرنامج الأمريكي لإنتاج الإيثانول، فقد انخفض مخزون القمح الأمريكي من 14.70 مليون طن في سنة 2005 إلى 12.41 مليون طن في سنة 2007 لينخفض إلى 8.32 مليون طن في 2008، و على نفس النحو انخفض مخزون الذرة من 2114 مليون بوشل في سنة 2004 إلى 1304 مليون بوشل في 2007[36]، هذا الانخفاض الكبير و السريع في المخزونات انعكس سلبا على أسواق السلع الغذائية من خلال ارتفاع الأسعار و زيادة تقلبها خلال تلك الفترة.

[35] http://www.fao.org/fileadmin/templates/worldfood/Reports_and_docs/Cereal_supply_and_demand_data.xls
[36] USDA, World Agricultural Supply and Demand Estimates Report, Op cit.

جدول رقم (4-11): تطور الاستهلاك و المخزون العالمي من الحبوب 2000 – 2008

الوحدة: مليون طن

السنوات	المخزون	الاستهلاك	نسبة المخزون للاستهلاك (%)
2000	564	1857	30.4
2001	534	1902	28.1
2002	441	1909	23.1
2003	356	2019	18.4
2004	404	1990	20.3
2005	389	2019	19.3
2006	336	2043	16.4
2007	309	2098	14.7
2008	285	2115	13.5

المصدر: المنظمة العربية للتنمية الزراعية، دراسة تحليلية تقييمية لآثار استخدام المحاصيل الزراعية في إنتاج الوقود الحيوي، مرجع سابق، ص 51

4- أثار انخفاض المتاح من الغذاء في الأسواق الدولية: ترتبط أهمية المتاح للاستهلاك من سلعة غذائية معينة بمدى أهمية هذه السلعة و مكانتها لدى المستهلك من خلال نسبة مساهمتها في الحجم المستهلك من الغذاء اليومي للفرد، فالحبوب و على رأس القمح تعتبر أهم السلع الغذائية بمفهوم الأمن الغذائي، لكونها تمثل نسبة كبيرة من سلة الغذاء اليومية خاصة في الدول النامية التي يتميز نمطها الاستهلاكي بسيطرة مكون الحبوب مقارنة بالمنتجات الغذائية الأخرى، لذلك فإن توفر الكميات المطلوبة وبالأسعار المناسبة يعد ركنا أساسيا للأمن الغذائي خاصة بالنسبة للدول المستوردة الصافية للغذاء التي تعتمد بشكل كبير على الأسواق الدولية في توفير احتياجات سكانها، ففي ظل تراجع حجم المعروض من الحبوب في الأسواق الدولية نظرا لانخفاض الإنتاج في بعض الدول المصدرة، و تنامي العلاقات بين أسواق السلع الغذائية الرئيسية (الحبوب، الزيوت النباتية و المنتجات الحيوانية) و بين أسواق هذه السلع و أسواق الطاقة بفعل تنامي إنتاج الوقود الحيوي اعتمادا على المحاصيل الزراعية الغذائية، فإن تقلبات الأسعار و ارتفاعها يتوقع أن تستمر مما يجعل إتاحة الغذاء لسكان الدول المستوردة أمرا بالغ الصعوبة في ظل عدم قدرة الإنتاج المحلي على مواجهة المتطلبات الغذائية للسكان، وهو ما يؤثر على متوسط نصيب الفرد من المتاح من الغذاء، لتكون بذلك عرضة لأزمات غذائية و مشاكل اجتماعية مثل تلك التي شهدتها العديد من

الدول النامية في سنتي 2007 و 2008، كالمكسيك التي شهدت في بداية سنة 2007 احتجاجات كبيرة على الزيادة الحادة في سعر خبز الذرة المعروف بالتورتيا (tortillas) بأكثر من 60% بسبب نقص الذرة نتيجة لتراجع واردات المكسيك من الذرة الأمريكية و كذلك الاضطرابات التي شهدتها هاييتي مع بداية سنة 2008[37] و أحداث ما عرف في مصر بثورة الخبز خلال نفس السنة، كما شهدت حوالي 30 دولة أخرى اضطرابات مماثلة خلال نفس الفترة بسبب تردي الأوضاع الغذائية.

جدول رقم (4-12): متوسط نصيب الفرد من القمح 2006 – 2011

الوحدة: كغ/سنويا

السنوات	2006	2007	2008	2009	2010	2011
المتوسط العالمي	68.1	67.9	67.1	67.1	67.9	67.7
متوسط دول العجز الغذائي منخفضة الدخل	58.8	58.4	57.2	57.5	54.2	49.8

المصدر: من إعداد الباحث اعتمادا على بيانات أعداد مختلفة من (Food Outlook) لمنظمة الأغذية و الزراعة العالمية على الموقع: http://www.fao.org/Giews/english/fo/index.htm

لم يقتصر تأثير نقص المتاح من الأغذية عالميا على الدول النامية، بل امتد إلى الوكالات الدولية التي لم تكن قادرة على الاستجابة السريعة لحالات نقص الغذاء في الدول الفقيرة نظرا لتحذيرات برنامج الغذاء العالمي بالتضاؤل السريع لمخزونه الغذائي إلى درجة عدم القدرة على التعامل مع حالة الطوارئ و هو ما يظهر في تراجع حجم المساعدات الغذائية للدول الأكثر فقرا ما بين سنتي 2006 و 2007 بمعدل 18%.[38]

المطلب الثالث: التأثير على إمكانية الحصول على الغذاء في الدول النامية

لا تنحصر إشكالية الأمن الغذائي في مدى قدرة الدول على توفير وإتاحة إمدادات غذائية كافية لسكانها فقط، وإنما تمتد إلى الأوضاع الخاصة بمدى قدرة الأفراد على الحصول على الغذاء، فمع تزايد الأسعار العالمية للسلع الغذائية، فإن فئات واسعة من السكان الفقراء ومحدودي الدخل ستواجه مشاكل كبيرة في قدرتها على الحصول

[37] والدن بيلو و مارا بافيرا، مرجع سابق، ص 37 و ص 42
[38] منظمة الأغذية و الزراعة العالمية، حالة الأغذية و الزراعة 2008، مرجع سابق، ص 109

على احتياجاتها الضرورية من الغذاء، إضافة إلى ما يترتب عن ذلك من زيادة في أعباء الواردات الغذائية في الدول المستوردة و ما يخلفه من آثار اقتصادية و اجتماعية.

1- ارتفاع فاتورة الواردات الغذائية للدول النامية: ترك توسع إنتاج الوقود الحيوي آثارا واضحة على ارتفاع أسعار السلع الغذائية الأساسية خاصة الحبوب و الزيوت النباتية التي تشكل جزء كبيرا من الواردات الغذائية في معظم الدول النامية التي ارتفعت فاتورة وارداتها من الحبوب بشكل كبير ابتداء من سنة 2006، فنتيجة للارتفاع الكبير في أسعار السلع الغذائية، ارتفعت فاتورة الواردات الغذائية العالمية بنسبة 29% في سنة 2007 مقارنة بسنة 2006، و كان السبب في معظم هذه الزيادة هو ارتفاع أسعار الحبوب و الزيوت النباتية التي تعتبر أهم مصادر إنتاج الوقود الحيوي إضافة إلى استخدامها كأعلاف، و هو ما انعكس على ارتفاع أسعار المنتجات الحيوانية من اللحوم و الألبان؛ وكانت الدول النامية أكثر تضررا من هذا الارتفاع إذ ارتفعت فاتورة وارداتها الغذائية بمعدلات تفوق نسبة الزيادة العالمية، خاصة دول العجز الغذائي المنخفضة الدخل التي ارتفعت فاتورة واردتها الغذائية بنسبة 35% ما بين سنتي 2006 و 2007، بعد أن ارتفعت بنسبة 30% في سنة 2006[39].

وحسب تقرير لمنظمة الأمم المتحدة في نهاية سنة 2008 فإن التكاليف السنوية للواردات الغذائية للدول منخفضة الدخل بلغت ثلاثة أضعاف تكاليف سنة 2000، ليس بسبب الزيادة في حجم الواردات الغذائية وإنما نتيجة لارتفاع الأسعار، و تقدر منظمة التعاون و التنمية الاقتصادية أن ارتفاع أسعار الحبوب بـ 10% يؤدي إلى ارتفاع إجمالي فاتورة واردات الحبوب للدول النامية المستوردة الصافية للغذاء بـ 4.5 مليار دولار[40] مما يزيد من الأعباء المالية لهذه الدول من أجل مواجهة تبعات ارتفاع الأسعار من خلال رفع الدعم للسلع الاستهلاكية وزيادة الإعانات للفئات الأكثر فقرا، إضافة إلى إلغاء الرسوم الجمركية على الواردات من السلع الغذائية الأساسية، و هو ما يحمل الميزانية العامة عبء التخفيف من أثر ارتفاع الأسعار و بالتالي يفاقم من عجز الميزانية و يضعف من فرص النمو عبر تقويض الحوافز الممنوحة للمنتجين المحليين لرفع الإنتاج.

[39] والدن بيلو و مارا بافيرا، مرجع سابق، ص 36

[40] OCDE, la hausse des prix alimentaires causes et conséquences, p 9, sur site : http://www.oecd.org/fr/echanges/echanges-agricoles/40926060.pdf consulté le: 07/02/2015

جدول رقم (4-13): فاتورة الواردات الغذائية لسنة 2007 و نسبة زيادتها مقارنة بسنة 2006

السلع	العالم		الدول النامية		الدول الأقل نموا		الدول منخفضة الدخل ذات العجز الغذائي	
	2007 مليون دولار	نسبة الزيادة عن 2006	2007 مليون دولار	نسبة الزيادة عن 2006	2007 مليون دولار	نسبة الزيادة عن 2006	2007 مليون دولار	نسبة الزيادة عن 2006
الحبوب	268300	44	100441	35	8031	32	41709	33
الزيوت النباتية	114077	61	55658	60	3188	64	38330	67
اللحوم	89712	14	20119	18	1079	24	8241	31
الألبان	86393	90	25691	89	1516	84	9586	89
السكر	22993	30 -	11904	14 -	1320	25 -	4782	37 -
مجموع الأغذية	812743	29	253626	33	17699	28	119207	35

المصدر: منظمة الأغذية و الزراعة، حالة الأغذية و الزراعة 2008، ص 73

أما بالنسبة للدول الأكثر فقرا فإن ارتفاع أسعار السلع الغذائية كانت له انعكاسات خطيرة على أوضاعها الغذائية، حيث انخفضت المساعدات الغذائية التي تتلقاها بشكل كبير، فحسب برنامج الغذاء العالمي فقد انخفض حجم المعونات الغذائية للدول الفقيرة من 15 مليون طن سنة 1997 إلى 7 مليون طن في سنة 2006 بينما ارتفعت تكلفة توريد هذه المعونات بأكثر من 70% ما بين سنتي 2002 و 2007 [41] و هو ما يعني وصول المعونات الغذائية لعدد أقل من الأشخاص بنفس حجم الموارد، و بالتالي يصبح تخفيض الفقر و سوء التغذية أمرا أكثر صعوبة في هذه المناطق مع استمرار ارتفاع الأسعار و نقص المتاح من الغذاء في الأسواق الدولية.

2- ارتفاع الأسعار المحلية و تدهور القدرة الشرائية: أظهر ارتفاع أسعار السلع الغذائية و انخفاض المتاح من السلع الغذائية الأساسية في الأسواق الدولية أهمية تأثير الواردات الغذائية على أوضاع الأمن الغذائي في الدول النامية خاصة الدول المنخفضة الدخل و الدول الفقيرة، فزيادة الاعتماد على الواردات يؤدي إلى تعميق هشاشة الوضع الغذائي في هذه الدول في الوقت الذي نوجه فيه كميات كبيرة ومتزايدة من الحبوب و الزيوت النباتية على المستوى العالمي إلى إنتاج الوقود الحيوي مما يعزز من مخاطر عدم انتظام الواردات الغذائية و ارتفاع أسعارها ويساهم

[41] رقية خلف الجبوري، مرجع سابق، ص 114

في زيادة الضغوط على الأسعار المحلية في هذه الدول حيث شهدت ارتفاعا بدرجات متفاوتة تبعا لعوامل عديدة منها مستويات التنمية، درجة الانفتاح، أسعار الصرف و السياسات الحكومية لدعم الأسعار، فارتفاع أسعار السلع الزراعية المستوردة ينتقل إلى أسعار الغذاء المحلية عن طريق الأغذية المستوردة مباشرة أو عن طريق الأغذية المصنعة محليا باستخدام مواد أولية مستوردة، و يستغرق هذا الانتقال ما بين ثلاثيين إلى ثلاثة ثلاثيات حسب المعهد الفرنسي للإحصائيات الذي يشير إلى وجود ارتباط قوي بين ارتفاع أسعار الحبوب العالمية و أسعار المواد الاستهلاكية المشتقة منها، فقد أدى ارتفاع الأسعار الدولية للقمح ما بين سنتي 2006 و 2008 بـ 114% إلى ارتفاع أسعار الخبز و العجائن الغذائية في فرنسا بـ 9.2% و 28.2% على التوالي[42]، أما في الدول النامية فقد كان التأثير أكبر، فعلى سبيل المثال في مصر التي تعتبر من أكبر مستوردي القمح في العالم أدى ارتفاع أسعار القمح العالمية ما بين سنتي 2007 و 2008 إلى ارتفاع أسعار الدقيق الممتاز بحوالي 160%، إذ ارتفع من 1000 جنيه للطن كمتوسط في سنة 2007 إلى 2600 جنيه للطن كمتوسط في سنة 2008، و تبعا لذلك ارتفعت أسعار الخبز بـ 40% كما ارتفعت أسعار الألبان و مشتقات الحليب بنسب تتراوح بين 15% و 25% و أسعار الزيوت الغذائية بـ 26%.[43] و لكن رغم تراجع الأسعار الدولية في سنة 2009 تحت تأثير الأزمة المالية العالمية و الركود الاقتصادي إلا أن هذه الأسعار بقيت مرتفعة كما هو الحال في الكثير من الدول النامية الأخرى.

هذه الزيادات الكبيرة في أسعار الاستهلاك المحلية أثرت بشكل مباشر على مستوى معيشة الأفراد و الأسر في هذه الدول، فالتضخم الناجم عن ارتفاع أسعار السلع الغذائية أدى إلى إضعاف القدرة الشرائية للمستهلكين ذوي الدخل المحدود و الفقراء بشكل خاص، مما ساهم في زيادة الفقر وعمقه، حيث يقدر البنك العالمي أن ارتفاع أسعار السلع الغذائية دفع حوالي 44 مليون شخص إلى ما دون مستوى خط الفقر، إضافة إلى أن الزيادة الإضافية في الأسعار العالمية بـ 10% يمكن أن تدفع بـ 10 مليون شخص إلى ما دون مستوى خط الفقر المدقع[44]، بسبب زيادة الإنفاق على الغذاء الذي يستحوذ على ما بين 50% و 80% من الدخل الفردي في الدول النامية مقابل 10% إلى 20% في الدول المتقدمة، وبالتالي فإن استمرار ارتفاع الأسعار يعني زيادة التدهور في المستوى المعيشي لمحدودي الدخل و الفقراء في الدول النامية.

[42] Nicolas ROUX, la volatilité des marches mondiaux des matières première agricoles et l'évolution des prix à la consommation de l'alimentation en France, dgccrf n° 12, mars 2013, pp 17, 18

[43] أسامة بدير و سامي محمود، تداعيات الأزمة المالية العالمية على الغذاء في مصر (الواقع و الآفاق و التحديات المستقبلية)، مركز الأرض لحقوق الإنسان، القاهرة، 2009، ص 50

[44] سهاد أبو زكي، مرجع سابق، ص 28

3- ارتفاع معدلات الفقر الغذائي و سوء التغذية: انعكس تدهور القدرة الشرائية للفئات الهشة في الدول النامية بفعل ارتفاع أسعار السلع الغذائية الأساسية على ارتفاع معدلات الفقر الغذائي و سوء التغذية، فرغم نسبة الإنفاق الكبير على الغذاء، إلا أن أعداد كبيرة من سكان الدول النامية تواجه صعوبات في الحصول على الاحتياجات الغذائية الأساسية تدفعها إلى استبدال الأغذية ذات الأسعار المرتفعة بأخرى أقل تكلفة و أدنى قيمة غذائية، مما يجعل النظام الغذائي لهؤلاء السكان غير متوازن نظرا لسيطرة مكون الحبوب الذي يكاد يكون المكون الوحيد للوجبات الغذائية والمصدر الرئيسي للطاقة و البروتين.

فحسب دراسة للمعهد الدولي لأبحاث سياسة الغذاء سيؤدي استمرار التوسع في إنتاج الوقود الحيوي من الجيل الأول إلى ارتفاع عدد الأطفال الذين يعانون من سوء التغذية ما بين 4 مليون إلى 8.5 مليون طفل بحلول سنة 2020، كما تتوقع منظمة الأغذية و الزراعة العالمية أن يرفع توسع إنتاج الوقود الحيوي أعداد الأشخاص الذين يعانون سوء التغذية في الدول النامية المستوردة الصافية للغذاء إلى 131 مليون شخص في سنة 2020، ليرتفع هذا العدد إلى 136 مليون شخص بحلول سنة 2030، إضافة إلى أن المحتوى الطاقوي للغذاء المستهلك في دول إفريقيا جنوب الصحراء المتدني أصلا سيعرف انخفاضا بمعدل 11% في آفاق 2020 نتيجة لمنافسة الوقود الحيوي على مصادر الغذاء.[45]

و في ذات السياق تكشف دراسة لرصد النمط الغذائي في مصر إلى استمرار تراجع القيمة الغذائية للوجبات اليومية المستهلكة و انخفاض نسبة العناصر المغذية الضرورية من الكالسيوم، الزنك، الحديد و الفيتامينات A و C في هذه الوجبات خاصة لدى الأطفال والنساء.فقد أظهرت نتائج الدراسة أن 65% من النساء و40% من الأطفال يحصلون على مستوى منخفض من الفيتامين A في الوجبات الغذائية، كما أن 35% من النساء و50% من الأطفال يحصلون على مستوى منخفض من الكالسيوم، إضافة إلى أن 25% من الأطفال و50% من النساء يحصلون على مستوى منخفض من الفيتامين B12 الذي يتوفر في المنتجات الحيوانية فقط ويحتاج الجسم منه إلى كميات صغيرة جدا.[46] وهو ما يعني أن نسبة عالية من الوجبات الغذائية المستهلكة خالية من المنتجات الحيوانية، مما يعكس انخفاض جودة الوجبات الغذائية ويبين أن الغذاء أصبح يمثل عبئا اقتصاديا كبيرا على الأسر الفقيرة في ظل استمرار ارتفاع الأسعار و تدني قدرة الحصول على الغذاء، و هو ما من شأنه أن يفاقم من هذا الوضع و يزيد من أعداد الأشخاص الذين يعيشون تحت مستوى خط الفقر الغذائي في الدول النامية.

---

[45] Alexandros Gasparatos and Per Stromberg, **Socioeconomic and environmental impacts of biofuels**: evidence from developing nations, Cambridge University Press, New York, 2012, p 22

[46] أسامة بدير و سامي محمود، مرجع سابق، ص 44

خلاصة الفصل:

يواجه تحقيق أهداف سياسات الوقود الحيوي صعوبات عديدة تتعلق أساسا بمدى قدرة القطاع الزراعي على الاستجابة للمتطلبات المتزايدة من المحاصيل الزراعية لإنتاج الوقود الحيوي في ظل محدودية الموارد الأساسية للإنتاج، خاصة في الدول المتقدمة التي يتناقص لديها المتاح من الأراضي الزراعية مما يزيد من أعباء الإنتاج و يحتم التوجه إلى المناطق التي تتوفر على مزايا نسبية تساهم في زيادة حجم الإنتاج و تخفيض تكاليفه، و هنا تمتلك الدول النامية فرصا هامة لدخول هذا السوق إذا ما أحسن استغلال المزايا التي تتمتع بها في ما يخص الموارد الإنتاجية للمساهمة في تحقيق التنمية الزراعية مع مراعاة الأوضاع الغذائية.

و في ظل الظروف الراهنة يعتبر الوقود الحيوي أحد أهم عوامل الاضطراب في أسواق السلع الزراعية التي ترتبط تقليديا بأسواق الطاقة على مستوى المدخلات و جاء الوقود الحيوي ليعمق هذه الروابط و يضيف تأثير أسواق الطاقة في المخرجات الزراعية إضافة إلى الروابط فيما بين أسواق السلع الزراعية ذاتها، و هو الأمر الذي انعكس في زيادة شاملة لأسعار مختلف السلع الزراعية في الأسواق الدولية و زيادة حدة تقلباتها في ظل تظافر العديد من العوامل المؤثرة الأخرى بشكل متزامن مع توسع إنتاج الوقود الحيوي على المستوى العالمي منذ منتصف العشرية الماضية و بلغت أوجها مع بداية سنة 2008.

هذه الزيادة الكبيرة و غير المسبوقة في أسعار السلع الزراعية الغذائية خلفت آثارا سلبية خطيرة على أوضاع الأمن الغذائي في الدول النامية و خصوصا في الدول المنخفضة الدخل ذات العجز الغذائي التي ارتفعت فاتورة وارداتها الغذائية بشكل كبير انعكس على ارتفاع الأسعار المحلية و تدهور قدرة السكان على توفير المتطلبات الغذائية الأساسية، وهو ما زاد من التدهور الكمي و النوعي للغذاء المتاح لهؤلاء السكان الذين لم تتمكن الهيئات الدولية من تقديم المعونات الضرورية لهم، مما زاد من الأعباء المالية لتلك الدول و خلف اضطرابات اقتصادية واجتماعية في العديد منها.

خاتمة

تلعب الطاقة دورا أساسيا في عملية التنمية، إذ ترتبط مختلف مجالات الحياة ارتباطا وثيقا باستهلاك الطاقة، مما خلف العديد من الآثار السلبية، في ظل اعتماد الاقتصاد العالمي على مصادر الطاقة الأحفورية الناضبة و الملوثة، و التي يتوقع أن تبقى المصدر الرئيسي لإمدادات العالم من الطاقة في المستقبل المنظور، و هو ما يطرح العديد من التحديات في سياق التوفيق بين تلبية الاحتياجات المتزايدة من الطاقة ومتطلبات التنمية و حماية البيئة. في هذا الإطار يأتي الوقود الحيوي كأحد خيارات الطاقة المتجددة من الكتلة الحيوية ذات المصدر الزراعي بشكل أساسي، مما يجعل هذا البديل محل اهتمام كونه يمثل نقطة تقاطع مشكلتي الطاقة و الغذاء.

من خلال تعرضنا لمشكلة الطاقة و أبعادها المختلفة اتضحت أهمية الطاقة في عملية التنمية و ارتباطها الوثيق بمختلف مجالات النشاط الاقتصادي، فلا يمكن الفصل بين تحقيق النمو الاقتصادي و استهلاك الطاقة. هذا الارتباط ولد ضغوطا كبيرة على البيئة نتيجة لسيطرة مصادر الطاقة الأحفورية و النفط بشكل خاص على هيكل المزيج الطاقوي العالمي، فإنتاج الطاقة الأولية تسيطر عليه الطاقات الأحفورية بنسبة تفوق 80%، وينعكس ذلك أيضا على الاستهلاك النهائي كما هو الشأن في قطاع النقل الذي يعتبر واحدا من أكثر القطاعات الاقتصادية استهلاكا للطاقة و النفط بشكل أساسي، حيث تسيطر المشتقات النفطية سيطرة مطلقة على استهلاك جميع فروع هذا القطاع من الوقود ؛ و في ظل هذه الوضعية ومع تنامي الوعي بالمشاكل الحالية والمحتملة لنموذج الطاقة القائم حاليا و في ظل تزايد الاضطرابات و التقلبات في الأسواق النفطية، أصبح من الضروري البحث عن حلول بديلة لتوفير المتطلبات المتزايدة من الطاقة لهذا القطاع من خلال نموذج طاقوي بديل يعتمد على مجموعة متنوعة من الخيارات الطاقوية المتجددة و النظيفة، حيث تتوفر قاعدة عريضة من مصادر الطاقة المتجددة و النظيفة التي يمكن الاعتماد عليها لتوفير احتياجات قطاع النقل من الطاقة كالغاز الطبيعي، غاز البترول المميع، الوقود الحيوي و الكهرباء و غيرها، و التي يتطلب العديد منها تطويرا تقنيا لتتلاءم مع منظومة النقل ومن ثم الانتقال إلى منظومة نقل بديلة تقوم أساسا على مصادر الطاقة المتجددة.

و عليه و نظرا للإشكالات التي يطرحها النمط الطاقوي السائد حاليا و في ظل وفرة مصادر الطاقة البديلة و تعددها فإنه يمكن القول بأن ما يعيشه العالم في الفترة الراهنة ليس مشكلة طاقة بقدر ما هو تحد تكنولوجي لتنمية مصادر الطاقة المتجددة و جعلها أكثر ملاءمة للحلول محل مصادر الطاقة التقليدية في مختلف مجالات الاستخدام و على رأسها وقود النقل، و هذا ما يقودنا إلى نفي الفرضية الأولى التي مفادها أن العالم يعيش أزمة طاقة متعددة الأبعاد نتيجة لاحتمال نضوب مصادر الطاقة التقليدية و آثارها البيئية.

و من خلال مناقشة أهمية الوقود الحيوي كخيار بديل للوقود النفطي تم إبراز مكانة طاقة الكتلة الحيوية كإحدى أهم مصادر الطاقة المتجددة التي يتزايد استخدامها ضمن إجمالي استهلاك الطاقة في العالم، لما تتميز به من إمكانيات الاستخدام في مختلف مجالات استخدام الطاقة الحديثة و الاحتياطيات الكبيرة لمصادر إنتاجها وتوفرها في مختلف مناطق العالم، مما يجعلها من أهم البدائل التي يمكن الاعتماد عليها لتوفير جزء من المتطلبات الطاقوية لقطاع النقل في سياق التوجه نحو إحلال بدائل ملائمة للوقود النفطي، وهنا يمكن اعتبار الوقود الحيوي أحد الأشكال الحديثة للطاقة الحيوية البديل الفعلي و العملي للمشتقات النفطية في قطاع النقل، نظرا لتقارب خصائص أنواع هذا الوقود مع مثيلاتها النفطية و تنوع مصادر إنتاجه ووفرة احتياطياتها، و هو الأمر الذي جعل هذا الوقود يستقطب اهتماما متزايدا في العديد من الدول التي تتسابق في تنمية إنتاج واستخدام مختلف أجياله والعمل على إحلاله تدريجيا محل الوقود النفطي.

رغم هذه الأهمية إلا أن هناك تباينا في خصائص أنواع هذا الوقود تبعا لمصادر إنتاجه حيث تظهر أفضلية أنواع الوقود الحيوي المنتجة في الدول النامية خصوصا في كل من البرازيل بالنسبة للإيثانول المنتج من قصب السكر، و الأرجنتين بالنسبة للديزل الحيوي المنتج من زيت فول الصويا، و ذلك على الصعيد الاقتصادي كونها الأدنى تكلفة و الأعلى مردودية، و على الصعيد البيئي كونها الأقل انبعاثات مقارنة بنظيراتها المنتجة في الدول المتقدمة و تحديد في الولايات المتحدة الأمريكية بالنسبة للإيثانول المنتج من الذرة، و الاتحاد الأوروبي بالنسبة للديزل الحيوي المنتج من زيت بذور اللفت. و عليه يمكن القول بأن أنواع الوقود الحيوي يمكن أن تشكل بديلا ملائما للوقود النفطي في قطاع النقل شريطة الاعتماد على مصادر الإنتاج الأكثر ملاءمة، و هذا ما يقودنا إلى إثبات الفرضية الثانية التي مفادها يمكن أن يساهم الوقود الحيوي في خفض الآثار و التكاليف البيئية الناجمة عن الطاقة حسب نوعية الموارد الأولية المستخدمة وطرق الإنتاج.

من خلال تحليلنا لسياسيات إنتاج الوقود الحيوي لسياسات دعم إنتاج و استخدام الوقود الحيوي في أهم مناطق إنتاجه واستخدامه و بشكل خاص في كل من الولايات المتحدة الأمريكية و الاتحاد الأوروبي، تبين أن التوسع الكبير في إنتاج الوقود الحيوي لم يكن ممكنا بهذا الحجم لولا وجود دعم حكومي من خلال سياسات تتضمن مجموعة من أدوات الدعم المتمثلة أساسا في الحوافز الضريبية، الأهداف الكمية، الإعانات المالية و الرسوم الجمركية التي تستهدف حماية الإنتاج المحلي، و ذلك استنادا إلى دوافع ذات أبعاد اقتصادية و بيئية تتمحور بشكل أساسي حول ثلاثة محاور تتمثل في خفض التبعية الطاقوية و بشكل خاص تجاه النفط، مواجهة التحديات

البيئية المتعلقة بالحد من انبعاث غازات الاحتباس الحراري و التغيرات المناخية، إلى جانب خلق فرص جديدة لتنمية القطاع الزراعي.

كان لسياسات الدعم أثر هام في الزيادة الكبيرة التي عرفها حجم الإنتاج من الوقود الحيوي خاصة في الولايات المتحدة الأمريكية و الاتحاد الأوروبي، من خلال تخفيض تكاليف الإنتاج و حماية المنتوج المحلي من منافسة الوقود الحيوي الأقل تكلفة و المتمثل في الإيثانول البرازيلي و الديزل الحيوي الأرجنتيني ؛ لكن رغم هذا الدور الإيجابي لسياسات الدعم في تنمية إنتاج الوقود الحيوي في كل من الولايات المتحدة الأمريكية و الاتحاد الأوروبي، إلا أن التكاليف المترتبة عنها كانت كبيرة مقارنة بالدول النامية كالبرازيل في حالة الإيثانول والأرجنتين في حالة الديزل الحيوي.

انعكست التكلفة العالية لسياسات الدعم الأمريكية و الأوروبية على جدوى تحقيق أهداف تنمية الوقود الحيوي المتمثلة أساسا في خفض التبعية النفطية و خفض انبعاث غازات الاحتباس الحراري و تنمية القطاع الزراعي وتخفيف أعباء دعمه، حيث كانت مساهمة الوقود الحيوي متواضعة في إحلال الواردات النفطية مع تكلفة إحلال عالية مقارنة بمتوسط أسعار النفط، كما يظهر أن هذا الدعم تحول إلى دعم للوقود النفطي و ذلك من خلال ارتفاع استهلاك البنزين في الولايات المتحدة الأمريكية بالتوازي مع زيادة دعم الإيثانول؛ من ناحية أخرى فإن تكاليف خفض انبعاث غازات الاحتباس الحراري عن طريق دعم الوقود الحيوي كانت عالية جدا مقارنة بأسعار حصص الانبعاثات في أسواق حقوق التلويث مما يجعل هذه السياسات غير مجدية اقتصاديا في خفض الانبعاثات، و بالتالي تحد من التنافسية الاقتصادية و البيئية للوقود الحيوي المنتج في هاتين المنطقتين.

وبناء على ذلك فإن قدرة الوقود الحيوي على منافسة الوقود النفطي و الحلول محله في ظل الظروف الحالية تعتمد بشكل كبير على سياسات دعم الإنتاج و الاستهلاك، إذ يواجه الوقود الحيوي بشكل عام ضعفا في منافسة الوقود الأحفوري تحت تأثير العديد من العوامل كتقلبات أسعار النفط و المواد الأولية الزراعية المستخدمة في الإنتاج، مما ينعكس على أهمية الدور الذي يلعبه الوقود الحيوي في سوق الطاقة كبديل للوقود النفطي، و الذي يبقى متواضعا بشكل عام، و هو ما يمثل إثباتا للفرضية الثالثة التي تنص على أن التوسع في إنتاج واستهلاك الوقود الحيوي يلعب دورا هامشيا في تحقيق أمن الطاقة لانخفاض كفاءته الاقتصادية والبيئية.

انطلاقا من تباين مستويات تنافسية الوقود الحيوي المنتج حاليا من محاصيل زراعية غذائية، فإن آثاره المحتملة على القطاع الزراعي ستكون متباينة خاصة بالنسبة للدول النامية، فمن جهة تشكل سياسات الدعم المنتهجة في الدول المتقدمة عائقا في وجه تنمية هذا القطاع في الدول النامية نظرا لعدم تكافؤ القدرات الاقتصادية

و المالية بين المجموعتين، و من جهة أخرى تمثل تنمية إنتاج الوقود الحيوي فرصة للدول النامية للنهوض بالقطاع الزراعي والاستفادة من الحلقات المتقدمة ذات القيمة المضافة العالية لإنتاج الوقود الحيوي، في ظل نمو الطلب على هذا الأخير و المواد الأولية الزراعية المستخدمة في إنتاجه و ارتفاع أسعارها في الأسواق الدولية، انطلاقا من حسن استغلال المزايا النسبية التي تتمتع بها مقارنة بالدول المتقدمة و المتمثلة أساسا في وفرة المساحات الزراعية و تدني تكاليف اليد العاملة و إمكانيات زيادة إنتاجية المحاصيل الزراعية، إضافة إلى استغلال فرص التعاون مع الدول الرائدة في هذا المجال على غرار البرازيل و الأرجنتين مما يتيح إنتاج وقود أكثر تنافسية يساهم في تحسين وضع الميزان التجاري الزراعي و النهوض بصناعات تحويل المنتجات الزراعية، و هو ما يعني إثباتا للفرضية الرابعة التي تنص على أنه يمكن أن يؤدي ارتفاع أسعار السلع الزراعية المستخدمة كمدخلات وسيطية لإنتاج الوقود الحيوي إلى تحفيز الاستثمار العمومي و الخاص في القطاع الزراعي وبالتالي يمثل فرصة لتنمية القطاع الزراعي في الدول النامية.

أمام هذه الفرص التي يتيحها إنتاج الوقود الحيوي للدول النامية، فإنه في الوقت ذاته يمثل تحديا حقيقيا في مواجهة الأمن الغذائي، ذلك أنه يمثل منافسا للإنتاج الغذائي على موارد الإنتاج نظرا للمتطلبات الكبيرة من هذه الموارد للوفاء بحجم الإنتاج المستهدف في إطار البرامج الجاري تنفيذها، مما يشكل ضغطا على الموارد المائية و الأراضي الزراعية و يؤثر على قدرة المتاح منها على تلبية الطلب المتزايد من المنتجات الزراعية. كما يعد الوقود الحيوي تحديا للأمن الغذائي لتأثيره المباشر في حجم المتاح من السلع الزراعية الغذائية الأساسية من الحبوب و الزيوت النباتية التي تعتبر المصدر الأساسي لإنتاج هذا الوقود، و يظهر هذا التأثير بشكل واضح في زيادة الحجم المستخدم من هذه المحاصيل و تراجع صادراتها في كل الولايات المتحدة الأمريكية و الاتحاد الأوروبي، و هو ما كان له تأثير على أسعار هذه السلع في الأسواق الدولية تجلى في الارتفاع الكبير للأسعار بالتزامن مع طفرة إنتاج الوقود الحيوي ؛ هذه الظروف انعكست سلبا على الدول النامية منخفضة الدخل ذات العجز الغذائي بارتفاع فاتورة وارداتها الغذائية و تدني مستويات التغذية و تدهور مستوى المعيشة بشكل عام أدى إلى اضطرابات اجتماعية مست العديد من هذه الدول، و هو ما يقود إلى إثبات الفرضية الخامسة التي تفيد بأن الوقود الحيوي يمثل منافسا حقيقيا لإنتاج الغذاء على الموارد المائية والأراضي مما يؤثر سلبا على أسعار المواد الغذائية في الأسواق الدولية وبالتالي التأثير سلبا على وضعية الأمن الغذائي في الدول النامية.

أهم الاستنتاجات:

مما سبق يمكن الخروج بعدة نتائج أهمها ما يلي:

- الوقود الحيوي كغيره من مصادر الطاقة ينطوي على إيجابيات و سلبيات، فهو من جهة يمثل بديلا لطاقة النفط الناضبة و من جهة أخرى يطرح إشكالا في ما يخص منافسة موارد الغذاء، و بالتالي يحتم الاهتمام بتطوير البدائل الطاقوية الأخرى الممكنة.
- تفيد تجارب إنتاج الوقود الحيوي المختلفة بأن المزايا النسبية ليست دائما مصدرا للتنافسية التي يمكن تحقيقها بالتخطيط السليم و العمل الدؤوب وإن كانت تكلفتها عالية.
- تأثير الوقود الحيوي لا يتوقف عند حدود المحاصيل الزراعية المستخدمة في إنتاجه، و إنما يتعداها ليشمل أسواق معظم السلع الزراعية الأساسية عن طريق أثر الإحلال ما بين المحاصيل أو عن طريق منافسة المحاصيل الأخرى على موارد الإنتاج الزراعي من الأراضي و المياه.
- يمكن للدول النامية احتلال الريادة في إنتاج الوقود الحيوي انطلاقا من المزايا النسبية التي تمتلكها في هذا المجال و التي تمكنها من منافسة الوقود النفطي و الوقود الحيوي الأمريكي و الأوروبي.
- تنطلق نظرة متخذ القرار الأمريكي و الأوروبي في تنمية إنتاج و استخدام الوقود الحيوي من اعتبارات جيوسياسية مرتبطة بمفهوم أمن الإمدادات الطاقوية، و يظهر ذلك من خلال الاستمرار في دعم إنتاج الوقود الحيوي لإحلاله محل النفط المستورد رغم التكلفة المرتفعة.
- يرتبط تحقيق الأمن الطاقوي أو الأمن الغذائي بتنمية الإنتاج المحلي بالدرجة الأولى مع أن الاعتماد المتبادل بين اقتصادات دول العالم يبقى سمة مميزة للاقتصاد العالمي، فرغم الجهود الكبير لخفض التبعية الطاقوية للاقتصاد الأمريكي و الاقتصاد الأوروبي إلا أن تلبية الطلب اعتمادا على الإنتاج المحلي غير ممكن في الوقت الحالي.
- تتطلب تنمية الأجيال المتقدمة من الوقود الحيوي العمل الجماعي للاستفادة من جميع الموارد التي يمكن استخدامها في الإنتاج بأدنى تكلفة و أعلى مردودية.
- من مصلحة الدول العربية بما فيها الجزائر دخول سوق إنتاج الوقود الحيوي، فخلافا لما تشير إليه العديد من الدراسات العربية من عدم إمكانية إنتاج هذا النوع من الوقود، نرى بأن هذه الدول لديها من الإمكانيات ما يسمح لها بإنتاج هذا الوقود و تثمين العديد من مصادر إنتاج الكتلة الحيوية، كمخلفات

إنتاج زيت الزيتون التي أثارت اهتمام المستثمرين الفرنسيين مؤخرا و الأنواع العديدة المهملة من التمور غير ذات القيمة الاقتصادية و الغذائية.

التوصيات و الاقتراحات:

انطلاقا من الاستنتاجات التي توصلنا إليها من خلال دراستنا لهذا الموضوع، نصل إلى تقديم بعض التوصيات و الاقتراحات التي تهم الجزائر في هذا المجال كما يلي:

1) الشروع في صياغة و تنفيذ إستراتيجية وطنية للأمن الغذائي تقوم على تكثيف الإنتاج المحلي من المحاصيل الإستراتيجية الواسعة الاستهلاك من الحبوب و إعادة الاعتبار لبعض المحاصيل الصناعية كالبنجر السكري على سبيل المثال، لتوفير حد أدنى من الأمن الغذائي و الابتعاد عن مخاطر الأسواق الدولية.
2) إدراج تنمية إنتاج الوقود الحيوي ضمن الإستراتيجية الوطنية لتنمية الطاقات المتجددة و التوسع في استخدامها و ذلك من أجل المساهمة في تلبية الطلب المتزايد على الوقود و المحافظة على الموارد الطاقوية الأحفورية و توجيهها لاستخدامات أخرى هامة كالصناعات البتروكيماوية.
3) العمل على جعل الجزائر قطبا إقليميا رائدا في إنتاج الوقود الحيوي، و ذلك من خلال تثمين نتائج البحث التي يقدمها الباحثون الجزائريون في مختلف مراكز البحث و توفير التمويل اللازم لإنجاز هذه البحوث و ضمان تطبيقها، و تثمين موارد طاقة الكتلة الحيوية التي تزخر بها الجزائر.
4) فتح المجال أمام المستثمرين الراغبين في دخول مجال إنتاج الوقود الحيوي لما يعود بها هذا الاستثمار من منافع على القطاعين الزراعي و الصناعي و الاقتصاد الوطني ككل من تنويع مصادر الدخل و تنمية التشابك بين مختلف قطاعات النشاط الاقتصادي.
5) العمل على توجيه استهلاك الوقود في قطاع النقل نحو المصادر الأكثر نظافة و وفرة محليا و الأقل تكلفة من الغاز الطبيعي و غاز البترول المميع للتخفيض من حجم استيراد الوقود.

آفاق البحث:

حاولنا من خلال بحثنا هذا دراسة بعض جوانب موضوع الوقود الحيوي كمصدر بديل للطاقة وانعكاساته على التنمية الزراعية و الأمن الغذائي، لكن هذا العمل لا يمكنه الإحاطة بكل جوانب الموضوع، و عليه أن نطرح بعض الجوانب التي تستحق الدراسة و لم يسعها بحثنا كالآتي:

- دراسة تقييمية لإمكانيات إنتاج الوقود الحيوي من مصادر الكتلة الحيوية المتاحة في الجزائر.
- دراسة جدوى إنتاج الديزل الحيوي من مخلفات إنتاج زيت الزيتون في الجزائر.
- دراسة جدوى إنتاج الإيثانول من بعض أنواع التمور في الجزائر.
- دراسة إستشرافية لأثر إحلال الوقود الحيوي محل الوقود النفطي على الاقتصاد الجزائري

قائمة المراجع

أولا : باللغة العربية

I- الكتب:

1) أحمد مدحت إسلام، **الطاقة و تلوث البيئة**، دار الفكر العربي، القاهرة 1999

2) حسين عبد الله، **مستقبل النفط العربي**، مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت، 2000

3) حسين عبد الله، **النفط العربي خلال المستقبل المنظور**، مركز الإمارات للدراسات و البحوث الإستراتيجية، أبو ظبي، 1998

4) ديفيد هويل و كارول نخلة، **مأزق الطاقة و الحلول البديلة**، ترجمة أمين الأيوبي، الدار العربية للعلوم ناشرون، بيروت، 2008

5) رقية خلف حمد الجبوري، **السياسات الزراعية و أثرها في الأمن الغذائي في بعض البلدان العربية**، مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت، 2012

6) ريتشارد هاينبرغ، **انتهت الحفلة سراب النفط، النفط و الحرب و مصير المجتمعات الصناعية**، ترجمة أنطوان عبد الله، الدار العربية للعلوم ناشرون، بيروت، 2005

7) ريتشارد هاينبرغ، **غروب الطاقة: الخيارات و المسارات في عالم ما بعد البترول**، ترجمة مازن جندلي، الدار العربية للعلوم ناشرون، بيروت، 2006

8) الصادق عوض بشير، **تحديات الأمن الغذائي العربي**،الدار العربية للعلوم ناشرون، بيروت، 2009

9) عبد المنعم مصطفى المقمر، **الإنفجار السكاني و الاحتباس الحراري**، سلسلة عالم المعرفة، العدد 391، المجلس الوطني للثقافة و الفنون و الآداب، الكويت، 2012

10) كريستوفر فلافين، **ارتفاع درجة حرارة الأرض: استراتيجية عالمية لإبطائه** ، ترجمة سيد رمضان هدارة ، الطبعة الأولى، الدار الدولية للنشر و التوزيع ، القاهرة ، 1992

11) كريستوفر فلافين ونيكولاس لينسن، **ما بعد عصر النفط: تصميم اقتصاد قائم على الطاقة الشمسية**، ترجمة محمد الحديدي، الدار الدولية للطباعة و النشر، القاهرة، 1992

12) محمد السيد عبد السلام ، **الأمن الغذائي للوطن العربي**، سلسلة عالم المعرفةعدد 230، المجلس الوطني للثقافة و الفنون و الآداب، الكويت 1998

13) هاني عبيد، **الإنسان و البيئة: منظومات الطاقة والبيئة و السكان**، دار الشروق للنشر و التوزيع، عمان، 2000

II- البحوث الجامعية

14) أمينة مخلفي، **أثر تطور أنظمة استغلال النفط على الصادرات (دراسة حالة الجزائر بالرجوع إلى بعض التجارب العالمية)**، أطروحة دكتوراه في العلوم الاقتصادية، جامعة ورقلة، 2013

15) فاتح بن نونة، **سياسة الطاقة و التحديات البيئية في ظل التنمية المستدامة**، مذكرة ماجستير، جامعة ورقلة، 2008

III- الدوريات والنشريات

16) إبراهيم عبد الجليل، **دبلوماسية الإيثانول**، مجلة البيئة و التنمية، المجلد 12، عدد 109 أفريل 2007، المنشورات الثقافية، بيروت، 2007

17) أحمد عبد الرحمن أحمد، **العولمة : المظاهر و المسببات**، مجلة العلوم الاجتماعية، المجلد 26 العدد 1، جامعة الكويت، 1998

18) آرميل لوكاربونتييه، **التوجهات قصيرة المدى في صناعة الغاز الطبيعي نظرة شاملة لعام 2012**، مجلة النفط و التعاون العربي، عدد 140، أوابك، الكويت، 2012

19) تركي حسن الحمش، مجلة النفط و التعاون العربي، العدد 140، أوابك، الكويت، 2012

20) كارلايل فورد رانغ و كارلايل بيل رانغ، **ضد التيار: الأسباب التي تجعل عدم إنجاز الثورة الخضراء يأتي بالمجاعة القادمة**، ترجمة: إنصاف الباير، مجلة الثقافة العالمية، العدد 162، المجلس الوطني للثقافة و الفنون و الآداب، الكويت، 2011

21) دينا جلال، **إنتاج الوقود الحيوي في إطار الاقتصاد العالمي مع إشارة خاصة بالحالة المصرية**، بحوث اقتصادية عربية، العددان 63 و 64، مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت، 2013

22) راغدة حداد، **الوقود الحيوي ذهب أخضر يؤجج أزمة الغذاء**، مجلة البيئة و التنمية، المجلد 13، عدد 124-125 جويلية، أوت 2008، المنشورات الثقافية، بيروت، 2008

23) راغدة حداد، **وقود من السكر و الذرة و نفايات المزارع**، مجلة البيئة و التنمية، المجلد 12، عدد 109 أفريل 2007، المنشورات الثقافية، بيروت، 2007

24) ستيفن باري، مارك سيريلي ومارتن ويتاكر، **خريطة طريق الاستثمار في الطاقة المستديمة**، e journal USA مجلة إلكترونية تصدر عن وزارة الخارجية الأمريكية، عدد جويلية 2006

25) سهاد أبو زكي، **أزمة الغذاء العالمية: كيف يتعامل العرب مع تداعياتها**، مجلة الاقتصاد والأعمال، العدد 396، ديسمبر 2012، بيروت، 2012

26) عبد الفتاح دندي، **الحوار بين الدول المنتجة و المستهلكة للنفط و أهميته في استقرار الأسعار**، النفط والتعاون العربي، المجلد 38، العدد 140، الكويت 2012

27) ماجد عبد الله المنيف، **الطاقة و البيئة وضرائب الكربون في الدول الصناعية**، النفط والتعاون العربي، مجلد 18، عدد 64، منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول، الكويت 1993

28) محمد مختار اللبابيدي ، **دور مصادر الطاقة المختلفة في تلويث البيئة وإمكانية الحد منه**، النفط والتعاون العربي، العدد 65، الكويت، 1993

29) ناصر عبيد الناصر، **واقع الأمن الغذائي العربي و آفاق تطوره**، مجلة جامعة دمشق، العدد 2، 1998

30) نجاة النيش، **الطاقة و البيئة و التنمية المستدامة: آفاق و مستجدات**، المعهد العربي للتخطيط، الكويت، جوان 2001

31) والدن بيلو و مارا بافيرا، **حروب الغذاء**، ترجمة إنصاف الباير، مجلة الثقافة العالمية، العدد 160، المجلس الوطني للثقافة و الفنون و الآداب، الكويت، 2011

IV - التقارير

32) أسامة بدير و سامي محمود، **تداعيات الأزمة المالية العالمية على الغذاء في مصر (الواقع والآفاق والتحديات المستقبلية)**، مركز الأرض لحقوق الإنسان، القاهرة، 2009

33) إسكوا، **التقدم الإقليمي المحرز في مجال الطاقة من أجل التنمية المستدامة في دول الإسكوا**، نيويورك، 2005

34) سمير القرعيش عبد الفتاح دندي، علي رجب و تركي الحمش، تقرير حول مؤتمر البترول العالمي العشرون " **حلول الطاقة للجميع: تعزيز التعاون، الابتكار والاستثمار**"، مجلة النفط و التعاون العربي، العدد 140، أوابك، الكويت 2012

35) صندوق النقد الدولي، مجلة التمويل و التنمية، المجلد 43 ، العدد 2، جوان 2006 ، واشنطن 2006

36) الطاهر الزيتوني، تقرير عن اجتماع لجنة الوقود الأحفوري الأنظف لمجلس الطاقة العالمي، مجلة النفط والتعاون العربي، عدد 128، الكويت، 2009

37) مركز تنمية الصادرات المصرية، **البرازيل صناعة الوقود الحيوي**، القاهرة، 2008

38) منظمة الأغذية و الزراعة (FAO)، حالة الأغذية و الزراعة 2008، **الوقود الحيوي: الآفاق والمخاطر و الفرص**، روما، 2008

39) منظمة الأقطار العربية المصدرة للنفط، **تقرير الأمين العام السنوي الأربعون**، الكويت، 2013

40) منظمة الأقطار العربية المصدرة للنفط، **تطور نمو الطلب على المنتجات النفطية في الأسواق الرئيسية وانعكاساته على الدول الأعضاء**، الكويت 2011

41) المنظمة العربية للتنمية الزراعية، **دراسة تحليلية تقييمية لآثار استخدام المحاصيل الزراعية في إنتاج الوقود الحيوي**، الخرطوم، 2009

42) المنظمة العربية للتنمية الزراعية، **أوضاع الأمن الغذائي العربي**، الخرطوم، 2011

V- المؤتمرات و الملتقيات

43) جمال محمد صيام و هنادي مصطفى عبد الراضي، **دراسة اقتصادية لإنتاج الوقود الحيوي**، المؤتمر الموسع الرابع للاتحادات العربية المتخصصة حول الطاقة الآمنة و الأمن الغذائي العربي، القاهرة، 27 ماي 2008

44) صالح بن عبد الرحمن العجلان، **تكلفة الاستثمار و تكلفة الإنتاج لمصادر الطاقة المتجددة في المملكة العربية السعودية**، ورقة مقدمة في ورشة عمل حول " توسيع نطاق استخدام الطاقة المتجددة في المناطق الريفية للبلدان الأعضاء في الاسكوا، بيروت، 1و2 فيفري 2012

45) مأمون عبسي حلبي، **بدائل الوقود في قطاع النقل و اقتصادياتها**، الملتقى الحادي و العشرين لأساسيات صناعة النفط و الغاز، أوابك، الكويت، 27-31 مارس 2011

46) محمد عصام اليماني، **الوقود الحيوي و تحديات الزراعة و الغذاء و الطاقة**، المؤتمر الرابع حول التكنولوجيات الحديثة في الزراعة، القاهرة، 2009

47) محمد مصطفي الخياط و ماجد كرم الدين محمود، **الطاقة حاضر صعب و غد مرتقب**، المؤتمر الموسع الرابع للاتحادات العربية النوعية المتخصصة حول الطاقة الآمنة و الأمن الغذائي العربي، مجلس الوحدة الاقتصادية العربية، القاهرة، 27 ماي 2008

48) هشام الخطيب، **مصادر الطاقة المتجددة: التطورات التقنية و الاقتصادية عالميا و عربيا**، مؤتمر الطاقة العربي الثامن، عمان، جوان 2006

49) هنادي مصطفى عبد الراضي، **دراسة اقتصادية لإنتاج الوقود الحيوي**، المؤتمر الخامس عشر للاقتصاديين الزراعيين، القاهرة، 17 و 18 أكتوبر 2007

ثانيا : باللغات الأجنبية

I- Ouvrages

50) Ballerini D., **LES BIOCARBURANTS Etat des lieux, Perspectives et enjeux de développement**, Edition TECHNIP, Paris 2006

51) Ballerini D., **LES BIOCARBURANTS Répondre au défis énergétiques et environnementaux des transports** , Edition TECHNIP, Paris 2011

52) Commission des comptes et d'économie de l'environnement (CCEE), **énergie et environnement**, éditions ifen, Paris 2003

53) Dautray R., **quelles énergies pour demain ?** Odile Jacob, Paris, 2004

54) Furfari S., **101 questions sur l'énergie**, Edition TECHNIP, Paris, 2009

55) Furfari S., **Politique et géopolitique de l'énergie**, Edition TECHNIP, Paris, 2012

56) Gasparatos A., and Stromberg P. **Socioeconomic and environmental impacts of biofuels**: evidence from developing nations, Cambridge University Press, New York, 2012

57) IFP, **Recherche et production du pétrole et du gaz**, Editions TECHNIP, Paris, 2002

58) Jean-Pierre Legalland et Jean-Louis Lemarchand, **BIOCARBURANTS : 5 questions qui dérangent**, Editions TECHNIP, Paris, 2008

59) Meunier F., **Domestiquer l'effet de serre**, DUNOD, Paris, 2005

60) OCDE et forum international des transports, **Biocarburants :lier les politiques de soutien aux bilans énergétiques et environnementaux**, éditions OCDE, Paris, 2008

61) OCDE, **évaluation des réformes de la Politique agricole aux Etats-Unis**, éditions OCDE, Paris, 2011

62) OCDE, **les taxes liées a l'environnement dans les pays de l'OCDE**, PROBLEMES ET STRATIGIES, Editions de l'OCDE, Paris, 2001

63) OCDE, **Politiques de soutien des biocarburants** une évaluation économique, éditions OCDE, Paris, 2009

64) Rifkin J., **L'économie hydrogène**, édition la découverte, Paris, 2002

65) Rojey A., ENERGIE ET CLIMAT, Edition TECHNIP, Paris, 2008

II- Thèses et mémoires

66) Akbi A., **les implications du développement des biocarburants : quel impact sur les pays en développement ?** Thèse de doctorat en sciences économiques, université Nice Sophia Antipolis, 2013

67) Hance C., **Analyse économique et environnementale de la filière biodiesel en Etats-Unis et en Europe**, thèse DES, université libre de Bruxelles, 2003

III- Périodiques, revues et articles

68) Antoine A., **la sécurité des approvisionnements pétroliers après la guerre de l'Irak, MED énergie** N° 15, Alger 2005

69) Bueller V., **Politique climatique suisse : union sacrée pour sauver le climat**, ENVIRONNEMENT, N°2/2003, Berne, 2003

70) Clo A., **La nouvelle crise pétrolière quelle clé de lecture ?** Med énergie N° : 14 Alger, 2005

71) Doucet G, **Le Conseil mondial de l'énergie pour une action d'ampleur mondiale**, AIEA Bulletin, revue trimestrielle de l'agence internationale de l'énergie atomique, Vol 42 n° 2, Vienne, 2000

72) Guinde L., Jacquet F. et Millet G., **Impact du développement des biocarburants sur la production française de grandes cultures**, revue d'études en agriculture et environnement, n° 89, 2008

73) Nekhaev E., **Energy for tomorrow's world, future power developments**, Cornhill publications, London 2001

74) Persillet V., **Les biocarburants de première génération : un bilan mondial mitigé**, Sciences sociale, n° 1/2012, Rennes, 2012

75) Romero J. et Meuli K., **La fièvre monte inexorablement**, ENVIRONNEMENT, N°2/2003, Berne, 2003

76) Treguer D., **Les biocarburants dans l'union Européenne et aux Etats-Unis** : **soutien public et liens avec les politiques agricoles et environnementales**, DEMETER 2008

IV- Rapports

77) Agence Française de Développement, **Les transport face aux défis de l'énergie et du climat**, document de travail n° 86, Paris 2009

78) Anzalone L., **Etat des biocarburants en Etats-Unis et propositions**, ValBiom, Wallonne, 2014

79) BP, **BP statistical review of world energy**, London, 2013

80) CNUCED, **étude sur les transports maritimes 2011**, united nations publications, Genève, 2012

81) Commission des communautés européennes, **livre vert : une stratégie européenne pour une énergie sure, compétitive et durable**, Bruxelles, mars 2006

82) Defeyt P., **Données et enjeux économiques du dossier des biocarburants**, Institut pour un Développement Durable, Bruxelles, 2005

83) FAO, **agrocarburants et sécurité alimentaire**, groupe d'expert de haut niveau sur la sécurité alimentaire et la nutrition, Rome, juin 2013

84) Frankfurt school of finance and management, UNEP, **Global trends in renewable energy investment 2014**

85) Hanne H., **Les marchés de production et de consommation et les prix des biocarburants dans l'Union européenne et le monde**, dgccrf eco n° 9, Paris, 2009

86) IEA , **sustainable production of second generation biofuels: potential and perspectives in major economies and developing countries**, Paris, 2010

87) IEA, **Biofuels for transport: an international perspective**, OECD Publications, Paris, 2004

88) IEA, **Energy technology perspectives, scenarios and strategies to 2050**, OCDE/AIE, Paris, 2008

89) IEA, **from 1st to 2nd generation biofuel tehnologies :** ***an overview of current industry and RD&D activities***, IEA publications, Paris, 2008

90) IEA, **Sustainable Production of SECOND –Generation Biofuels : Potential and perspectives in major economies and developing countries**, OCDE/AIE, Paris, 2010

91) OCDE, **Energie : les cinquante prochaine années**, Paris 1999

92) OECD & FAO, **agricultural outlook 2008 – 2017** , OECD publications, Paris 2008

93) OECD & FAO, **perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO**, OECD publications, Paris 2010

94) REN21, **Renewable 2014 global status report**, Paris, 2014

95) Roux N., **la volatilité des marches mondiaux des matières première agricoles et l'évolution des prix à la consommation de l'alimentation en France**, dgccrf n° 12, mars 2013

96) Steenblik R., **Biofuels at what cost?** International Institute for Sustainable Development, Geneva, 2007

97) UNEP, Bloomberg new energy finance , **global trends in renewable energy investmen**t 2014, Frankfurt, 2014

98) World Energy Council, **Global transport scenarios 2050**, London, 2011

V- Conférences

99) Alain Durand-Lasserve et Etienne Le Roy, **Evolution à long terme de la situation foncière en Afrique subsaharienne - proposition d'un cadre d'analyse**, Annual World Bank Conference on Land Policy and Administration, Washington, April 26 and 27, 2010

100) François Houllier, **Potentiel de la biomasse pour l'énergie et la chimie**, IFPEN, colloque panorama 2014, le 06/02/2014

101) Sawadogo M., Capuis A. et Blin J., **Modélisation et évaluation des performances économiques de la logistique d'approvisionnement d'une huilerie : cas du JATROPHA au Burkina Faso**, 4eme conférence biocarburants et bioénergies, Institut International d'ingénierie de l'eau et de l'environnement, Ouagadougou du 21au 23 novembre 2013

102) Schmidhuber J., **Impact of an increased biomass use on agricultural markets, prices and food security: a longer time perspective**, international symposium of Notre Europe, Paris, 27 – 29 November 2006

ثالثا : صفحات و مواقع الإنترنت

103) منظمة العمل الدولية، **التقرير العالمي للأجور 2013/2012**، على الرابط:
http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/---publ/documents/publication/wcms_218770.pdf

104) منظمة الأغذية و الزراعة للأمم المتحدة، **حالة الموارد من الأراضي و المياه في العالم للأغذية والزراعة**، روما 2011، على الرابط:
http://www.fao.org/docrep/015/i1688a/i1688a00.pdf

105) http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/Energy-economics/statistical-review-2014/BP-statistical-review-of-world-energy-2014-full-report.pdf

106) http://www.ers.usda.gov/data-products/feed-grains-database/feed-grains-yearbook-tables.aspx

107) http://www.ers.usda.gov/datafiles/Feed_Grains_Yearbook_Tables/All_tables_in_one_file/fgyearbooktablesrecent.pdf

108) http://www.ers.usda.gov/publications/ocs-oil-crops-outlook/ocs-14l.aspx

109) National Renewable Energy Laboratory, **a look back at the US departement of energy's program : Biofuel from algae**, www.eere.energy.gov/biomass/pdfs/biodiesel-from-algae.pdf

110) IFP, **Le point sur les biocarburants : progression des marchés nationaux et internationaux**, Panorama 2012 http://www.ifpenergiesnouvelles.fr/index.php/Publications/Etudes-disponibles/Notes-de-synthese-Panorama/Panorama-2012

111) IFP, **Les énergies pour transport: avantages et inconvénients**, Panorama 2009 http://www.ifpenergiesnouvelles.fr/index.php/Publications/Etudes-disponibles/Notes-de-synthese-Panorama/Panorama-2009

112) IFP, **Le point sur les biocarburants : les biocarburants dans le monde**, Panorama 2007 http://www.ifpenergiesnouvelles.fr/index.php/Publications/Etudes-disponibles/Notes-de-synthese-Panorama/Panorama-2007

113) Martine GUIBERT Et Selvina Cecilia CARRIZO, **les biocarburants en Argentine :facteurs et enjeux de la production de biodiesel de soja**, OCL VOL 19 n° 3, 2012, sur site, http://dx.doi.org/10.1051/ocl.2012.0451

114) Mustafa Balat & Havva Balat, **Recent trends in global production and utilization of bio-ethanol fuel**, Applied Energy, vol 89, 2009, p 2277, sur site: www.biotek.lu.se/fileadmin/bioteknik/utbildning/kurser/kkka05/biofuelbioetoh.pdf

115) http://www.euractiv.fr/commerce/biocarburants-commerce-et-durabi-linksdossier-188842

116) http://www.bioenergy.checkbiotech.org/news/brazil_registers_record_high_ethanol_fuel_export

117) http://www.lemonde.fr/planete/article/2013/09/11/le-parlement-europeen-plafonne-les-agrocarburants-juges-nuisibles_3474080_3244.html

118) Cour des comptes(France), **La politique d'aide aux biocarburants**, disponible sur site : https://www.ccomptes.fr/Publications/Publications/La-politique-d-aide-aux-biocarburants

119) http://www.bls.gov/emp/ep_table_207.htm

120) Renewable Fuel Association (RFA), **Ethanol Industry Outlook 2013**, sur le lien: http://www.ethanolrfa.org/page/-/PDFs/RFA%202013%20Ethanol%20Industry%20Outlook.pdf?nocdn=1

121) http://www.eia.gov/dnav/pet/pet_move_impcus_a2_nus_epooxe_im0_mbbl_m.htm

122) John M. Urbanchuk, **Contribution of the ethanol industry to the economy of the United states** http://energy.gov/sites/prod/files/2014/05/f15/Contribution_of_the_Ethanol_Industry_to_the_Economy_of_the_United_States.pdf

123) http://www.cnie.org/NLE/CRSreports/04Sep/RS21930.pdf

124) http://ec.europa.eu/eurostat/documents/2995521/6313547/3-15122014-AP-FR.pdf

125) http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/produtos/download/Sommaire_Executif_francais.pdf

126) http://news.mongabay.com/bioenergy/2006/08/closer-look-at-africas-green-opec.html

127) http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2006/10/27/AR2006102701105.html

128) http://www.cilss.bf/predas/Activites%20par%20Pays/ML/35-Rapport%20etude%20biocarburants%20Mali.pdf

129) USDA, World Agricultural Supply and Demand Estimates Report (WASDE) (various issues), http://www.usda.gov/oce/commodity/wasde

130) http://www.fao.org/fileadmin/templates/worldfood/Reports_and_docs/Cereal_supply_and_demand_data.xls

131) OCDE, la hausse des prix alimentaires causes et conséquences, http://www.oecd.org/fr/echanges/echanges-agricoles/40926060.pdf

132) http://databank.worldbank.org/data/databases/commodity-price-data

133) Duncan Macqueen, Prospects and Challenges of Buofuels in Asia: Policy Implications, http://pub.iges.or.jp/modules/envirolib/upload/1565/attach/07_chapter5.pdf

134) ENVIRONNEMENT CANADA, www.ec.gc.ca/cleanair-airpur/CAOL/transport/publications/ethgas/ethgasfr.pdf

135) http://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/#renewable

136) http://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=pet&s=mcrimus1&f=a

137) http://www.eia.gov/totalenergy/data/annual/#consumption

138) http://www.ebb-eu.org/prev_stats_production.php

139) http://ec.europa.eu/energy/en/statistics/eu-crude-oil-imports

140) http://ec.europa.eu/transport/facts-fundings/statistics/pocketbook-2013_en.htm

141) http://www.fao.org/worldfoodsituation/foodpricesindex/ar

142) http://www.fao.org/Giews/english/fo/index.htm

143) http://patrick.monassier.free.fr/energies/biocarburants/biocarburants.pdf

الملاحق

ملحق رقم (1): معاملات التحويل الطاقوية

وحدات تحويل الطاقة

	تيرا جول	جيغا كالوري	مليون طن مكافئ نفط	مليون وحدة حرارية بريطانية
تيرا جول	1	238.8	2.388×10^{-5}	947.8
جيغا كالوري	4.1868×10^{-5}	1	10^{-7}	3.968
مليون طن مكافئ نفط	4.1868×10^{4}	10^{7}	1	3.968×10^{7}
مليون وحدة حرارية بريطانية	1.0551×10^{-3}	0.252	2.52×10^{-8}	1

وحدات تحويل المكافئ النفطي

من / إلى	مليون برميل نفط	مليون طن نفط	تريليون و.ح.ب	مليون كيلو كالوري	متر مكعب نفط	ألف ك.و.س
مليون برميل نفط	1	0.1364	5.8			
مليون طن نفط	7.33	1	40	10	1.165	12
تريليون و.ح.ب	0.17	0.025	1	0.250	0.029	0.3
مليون كيلو كالوري		0.1	4	1	0.117	1.2
متر مكعب نفط		0.858	34.335	8.584	1	10.3
ألف ك.و.س		0.083	3.333	0.833	0.097	1

المكافئ النفطي للوقود الحيوي

1 طن إيثانول = 0.57 طن نفط

1 طن ديزل حيوي = 0.88 طن نفط

1 برميل إيثانول = 0.57 برميل نفط

1 برميل ديزل حيوي = 0.88 برميل نفط

كفاءة تحويل الوقود(التكرير):

1 برميل نفط = 12 غالون ديزل

1 برميل نفط = 19 غالون بنزين

المصدر: الموقع الالكتروني لبريتش بتروليوم BP و إدارة معلومات الطاقة الأمريكية

ملحق رقم (2): الآثار البيئية للوقود الحيوي

		Energie primaire non renouvelable	Emissions de gaz à effet de serre	Oxydation photochimique	Toxicité humaine	Eutrophisation
		MJf/km	kg eq CO_2 /km	kg eq C_2H_4 /km	kg eq 1,4-DB /km	kg eq PO_4^{3-} /km
B0	B0, euro 4	2,12	1,55E-01	1,91E-05	7,01E-01	6,30E-05
E0	E0, euro 4	2,69	1,98E-01	4,40E-05	4,51E-02	3,97E-05
éthanol de betterave	E10 de betterave	2,60	1,89E-01	4,01E-05	4,70E-02	6,62E-05
	E85 de betterave	1,60	1,01E-01	5,46E-05	6,70E-02	3,46E-04
	ETBE d'E10 de betterave	2,66	1,93E-01	4,01E-05	4,66E-02	6,49E-05
éthanol de blé	E10 de blé	2,60	1,92E-01	4,01E-05	4,97E-02	9,88E-05
	E85 de blé	1,64	1,28E-01	5,45E-05	9,83E-02	7,22E-04
	ETBE d'E10 de blé	2,66	1,95E-01	4,00E-05	4,94E-02	9,79E-05
éthanol de maïs	E10 de maïs	2,60	1,91E-01	4,00E-05	4,82E-02	9,40E-05
	E85 de maïs	1,57	1,17E-01	5,40E-05	8,16E-02	6,67E-04
	ETBE d'E10 de maïs	2,65	1,94E-01	4,00E-05	4,79E-02	9,31E-05
éthanol de canne à sucre	E10 de canne à sucre	2,54	1,88E-01	6,21E-05	4,73E-02	6,99E-05
	E85 de canne à sucre	0,885	9,20E-02	3,08E-04	7,13E-02	3,88E-04
	ETBE d'E10 de canne à sucre	2,59	1,92E-01	6,23E-05	4,70E-02	6,86E-05
biodiesel de soja	B10 de soja	1,98	1,44E-01	1,92E-05	5,32E-01	8,55E-05
	B30 de soja	1,71	1,21E-01	1,98E-05	5,39E-01	1,29E-04
biodiesel de tournesol	B10 de tournesol	1,99	1,45E-01	1,97E-05	5,34E-01	1,19E-04
	B30 de tournesol	1,71	1,23E-01	2,11E-05	5,45E-01	2,31E-04
biodiesel de colza	B10 de colza	1,99	1,47E-01	1,97E-05	5,33E-01	1,15E-04
	B30 de colza	1,73	1,29E-01	2,12E-05	5,41E-01	2,19E-04
biodiesel de palme	B10 de palme	1,97	1,44E-01	1,86E-05	5,33E-01	8,62E-05
	B30 de palme	1,65	1,22E-01	1,78E-05	5,42E-01	1,32E-04
EMHAU	B10 de EMHAU	1,96	1,42E-01	1,81E-05	5,28E-01	6,51E-05
	B30 de EMHAU	1,63	1,15E-01	1,62E-05	5,27E-01	6,73E-05
EMGA	B10 de EMGA, sans préparation des graisses	1,96	1,42E-01	1,80E-05	5,28E-01	6,53E-05
	B30 de EMGA, sans préparation des graisses	1,63	1,15E-01	1,61E-05	5,27E-01	6,80E-05
HVP 100	HVP100	0,404	5,68E-02	1,02E-05	7,50E-01	6,17E-04

Source : ADEME, Analyse de cycle de vie appliquées aux biocarburants de première génération consommés en France, 2010, p 126

ملحق رقم (3): الخصائص الفيزيائية للوقود الحيوي و نظيره النفطي

الخصائص	بنزين	إيثانول	ديزل نفطي	ديزل حيوي
القيمة الحرارية الدنيا (kJ/L)	**32389**	**21283**	**35952**	**33024**
الكتلة الحجمية (kg/L)	**0.755**	**0.794**	**0.840**	**0.883**
الكثافة النوعية (L/kg)	**1.32450**	**1.25945**	**1.190476**	**1.13250**
معامل القيمة الحرارية الدنيا بالنسبة للوقود النفطي	**1**	**0.657**	**1**	**0.918**

ملحق رقم (4): الأرقام القياسية لأسعار السلع الغذائية و أسعار الطاقة و التضخم 1970-2013

مؤشر التضخم	مؤشر أسعار الطاقة	مؤشر أسعار الحبوب	مؤشر أسعار الزيوت النباتية	مؤشر أسعار السلع الغذائية	السنة
23.21	2.11	27.45	27.80	24.83	1970
24.41	2.71	27.35	28.54	24.81	1971
26.63	2.93	28.83	28.57	26.30	1972
30.89	4.17	56.36	57.64	43.09	1973
37.64	13.80	82.58	66.06	56.55	1974
41.80	13.85	65.58	47.45	45.63	1975
42.32	15.37	55.50	48.42	48.57	1976
45.74	16.95	49.30	59.87	56.66	1977
53.16	17.77	59.19	61.52	56.29	1978
59.30	38.07	64.35	68.15	63.77	1979
65.22	45.99	74.22	65.31	69.20	1980
65.30	45.88	78.70	62.67	62.13	1981
63.35	43.45	60.43	51.72	53.01	1982
61.67	39.40	65.18	58.99	57.48	1983
60.32	37.79	63.27	68.14	60.16	1984
59.69	36.21	53.54	50.82	50.52	1985

1986	48.20	39.24	44.83	21.52	68.65
1987	49.91	43.95	43.92	24.45	75.23
1988	57.21	58.58	58.67	21.04	80.11
1989	57.80	52.55	63.85	24.40	79.63
1990	55.35	45.76	57.91	30.28	82.67
1991	54.63	47.02	58.08	26.42	81.91
1992	54.06	48.64	58.39	26.06	83.44
1993	57.67	50.02	54.48	23.89	86.32
1994	64.38	56.55	58.77	22.51	83.73
1995	67.29	60.84	69.38	24.14	91.92
1996	68.71	64.06	83.61	28.94	90.17
1997	66.28	64.75	64.76	27.10	85.92
1998	57.69	59.38	57.43	19.54	82.17
1999	50.73	45.35	49.59	24.84	80.59
2000	48.89	42.17	46.65	39.40	79.56
2001	46.94	39.68	46.89	35.17	76.58
2002	50.37	45.30	52.94	34.13	75.68
2003	54.46	54.90	54.32	41.68	79.62
2004	60.08	61.44	59.28	53.14	85.03
2005	61.54	54.94	58.79	74.71	87.70
2006	68.03	56.63	70.02	84.74	89.93
2007	81.12	85.24	88.98	93.26	95.43
2008	102.23	113.81	130.69	129.12	102.83
2009	89.31	90.47	98.95	79.74	96.46
2010	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
2011	121.57	120.51	138.19	128.69	108.94

2012	114.49	126.07	141.34	127.57	107.59
2013	106.32	115.87	128.23	127.42	106.06

المصدر: قاعدة بيانات مؤشرات أسعار السلع الأساسية للبنك العالمي

ملحق رقم (5): أسعار الحبوب و الزيوت النباتية 1975 - 2013

السنة	القمح	الذرة	زيت بذور اللفت	زيت النخيل	زيت الصويا
1975	149.06	119.64			
1976	132.92	112.37			
1977	103.22	95.35			
1978	127.75	100.74			
1979	160.29	115.52			
1980	172.73	125.26			
1981	174.96	130.78			
1982	160.36	109.26			
1983	157.42	136.02			
1984	152.33	135.94			
1985	135.83	112.23			
1986	114.92	87.56			
1987	112.90	75.70			
1988	145.20	106.89			
1989	169.24	111.52			
1990	135.52	109.28			
1991	128.67	107.42	416.55	339.00	453.83
1992	151.20	104.25	405.10	393.50	428.92

1993	140.24	102.09	460.88	377.75	480.42
1994	149.73	107.55	621.26	528.42	615.58
1995	176.98	123.49	632.71	628.25	625.08
1996	207.60	165.81	563.07	530.92	551.50
1997	159.48	117.09	562.83	545.83	564.75
1998	126.13	101.99	630.48	671.08	625.92
1999	112.04	90.22	428.69	436.00	427.33
2000	114.09	88.53	346.24	310.25	338.08
2001	126.81	89.64	391.88	285.67	354.00
2002	148.08	99.27	479.18	390.25	454.25
2003	146.14	105.37	603.58	443.25	553.92
2004	156.88	111.80	713.20	471.33	616.00
2005	152.35	98.67	720.97	422.08	544.92
2006	192.04	121.85	851.32	478.35	598.56
2007	255.21	163.66	1011.86	780.25	881.43
2008	326.03	223.12	1423.71	948.54	1258.25
2009	224.07	165.51	856.18	682.83	848.69
2010	223.58	185.91	1011.75	900.83	1004.60
2011	316.26	291.68	1366.63	1125.42	1299.33
2012	313.24	298.42	1239.08	999.33	1226.25
2013	312.25	259.39	1081.22	856.90	1056.67

المصدر: قاعدة بيانات مؤشرات أسعار السلع الأساسية لصندوق النقد الدولي و البنك العالمي

ملحق رقم (6): الأسعار الشهرية للسلع الزراعية الغذائية الأساسية 2000 - 2013

	الذرة	الأرز	القمح	زيت الصوجا	السكر
2000/1	92.95	247.50	105.83	356.05	390.00824
2000/2	95.08	243.00	108.41	347.01	376.637729
2000/3	95.17	228.80	105.70	371.48	405.386008
2000/4	95.54	217.00	105.11	400.14	427.95032
2000/5	95.53	198.78	110.78	381.18	421.456748
2000/6	84.04	197.86	113.51	359.13	420.28124
2000/7	75.06	191.00	108.98	341.50	415.140938
2000/8	75.24	187.09	108.28	336.65	416.338189
2000/9	80.15	178.14	117.49	340.83	431.411578
2000/10	84.71	186.73	128.22	329.37	476.058192
2000/11	88.94	184.86	127.73	330.47	479.913275
2000/12	96.22	183.57	128.01	328.05	470.83023
2001/1	94.30	184.43	132.84	321.43	473.196
2001/2	92.38	185.10	128.12	325.40	474.897759
2001/3	91.01	177.09	130.28	351.86	475.14628
2001/4	87.55	162.10	129.30	334.00	474.376772
2001/5	85.08	164.26	135.00	323.64	470.646846
2001/6	83.16	167.76	127.23	332.46	463.821105
2001/7	90.75	169.73	123.79	383.38	463.107227
2001/8	92.88	168.74	121.92	397.49	469.344986
2001/9	89.74	173.00	122.03	358.47	471.142552
2001/10	86.27	170.87	123.34	334.00	466.363952
2001/11	89.88	170.00	125.27	352.96	470.201913
2001/12	92.31	179.38	122.53	348.77	472.709995
2002/1	91.97	191.13	125.31	343.48	468.240848
2002/2	90.73	194.35	123.28	341.94	460.998194
2002/3	89.86	189.29	122.56	356.93	445.554232
2002/4	87.11	189.50	123.72	365.09	435.182485
2002/5	90.33	198.30	121.46	376.77	437.056414
2002/6	93.17	202.00	132.03	399.04	440.693039
2002/7	99.70	199.61	149.30	423.07	456.913287
2002/8	109.89	191.32	161.26	453.27	461.858418
2002/9	113.94	188.48	187.84	443.13	474.401719
2002/10	109.65	185.48	190.32	445.55	481.317045
2002/11	108.65	187.19	176.26	490.75	491.874513
2002/12	107.01	185.27	168.98	479.06	485.84371
2003/1	105.75	199.74	149.60	453.49	485.99331
2003/2	106.04	198.75	150.84	451.07	489.022041

2003/3	105.06	196.95	141.81	460.99	490.654512
2003/4	105.25	195.18	138.62	481.49	485.048471
2003/5	107.82	197.73	141.96	495.82	481.647054
2003/6	106.99	203.67	131.35	488.10	476.786386
2003/7	97.61	199.48	131.62	464.95	470.68693
2003/8	100.31	196.43	148.72	436.51	468.576791
2003/9	103.22	202.86	145.62	494.94	466.634623
2003/10	104.17	204.00	147.46	575.63	463.507528
2003/11	108.03	201.75	160.55	581.36	459.590329
2003/12	111.98	197.00	165.57	619.06	449.732517
2004/1	115.09	207.45	166.33	643.53	453.746145
2004/2	122.91	213.25	161.39	704.82	455.161745
2004/3	128.43	240.35	166.28	738.33	465.817589
2004/4	133.39	253.41	166.58	719.37	463.989076
2004/5	129.30	251.57	163.73	679.46	457.558402
2004/6	123.23	244.23	154.74	624.79	441.585911
2004/7	104.48	240.32	150.60	575.85	448.882162
2004/8	104.04	252.55	141.29	520.07	443.129147
2004/9	97.76	252.00	151.03	508.83	458.099584
2004/10	93.37	253.52	150.15	458.12	450.509384
2004/11	93.75	262.32	156.57	460.99	450.735095
2004/12	95.59	278.43	153.87	451.29	452.965963
2005/1	95.98	288.38	153.59	434.82	454.659323
2005/2	94.36	292.35	151.30	443.26	448.861166
2005/3	99.94	295.00	150.99	513.10	454.182323
2005/4	96.39	299.14	140.88	498.62	467.694942
2005/5	95.27	295.27	144.25	501.41	482.623387
2005/6	97.56	287.05	141.93	529.74	463.862621
2005/7	105.60	278.71	143.87	546.91	456.070282
2005/8	98.64	283.48	149.36	504.88	451.698419
2005/9	96.99	287.41	159.71	496.88	458.855455
2005/10	101.50	290.71	167.83	523.29	478.854532
2005/11	95.97	278.95	161.12	490.06	477.003174
2005/12	102.66	277.27	164.44	466.00	479.368944
2006/1	102.70	284.45	167.16	482.97	515.429746
2006/2	106.92	296.40	179.84	497.64	532.079868
2006/3	104.89	297.74	174.44	515.90	508.385977
2006/4	107.82	298.50	180.35	518.43	519.97765
2006/5	110.57	301.26	193.17	557.36	516.64329
2006/6	109.55	305.59	195.16	550.12	514.1681
2006/7	114.24	312.43	202.43	586.78	491.71903

2006/8	115.21	313.39	189.91	562.53	471.501682
2006/9	120.26	312.90	195.98	534.28	466.531216
2006/10	142.17	309.64	212.09	559.71	447.949254
2006/11	164.08	300.59	205.81	623.61	435.556268
2006/12	160.66	309.29	204.31	628.61	431.863525
2007/1	165.10	313.48	196.07	635.60	439.039572
2007/2	177.35	316.05	199.98	664.88	456.925443
2007/3	169.52	326.18	199.10	679.52	459.162766
2007/4	152.58	322.29	198.31	714.11	460.898405
2007/5	156.44	320.61	195.72	756.06	463.211255
2007/6	164.50	326.29	223.04	782.92	470.109529
2007/7	147.13	332.55	238.41	819.15	465.574305
2007/8	151.01	331.48	259.73	797.09	480.646073
2007/9	160.05	330.00	326.54	852.71	463.07518
2007/10	164.09	335.30	335.15	879.88	447.078297
2007/11	171.06	356.50	321.81	987.96	441.751258
2007/12	180.25	378.00	368.62	1027.00	445.519422
2008/1	206.53	393.48	369.59	1143.05	446.751027
2008/2	219.95	481.14	425.00	1307.75	445.598324
2008/3	233.85	672.64	439.72	1321.27	454.96797
2008/4	246.67	1015.21	362.23	1292.08	452.759339
2008/5	243.46	1009.32	328.76	1330.47	459.285881
2008/6	287.11	834.60	348.55	1414.42	482.749365
2008/7	266.94	799.00	328.18	1372.27	511.001461
2008/8	235.16	737.00	329.34	1163.78	510.317646
2008/9	233.91	722.00	295.55	1042.09	505.645946
2008/10	182.96	624.00	237.38	808.76	476.543558
2008/11	164.27	563.25	226.85	728.52	454.569978
2008/12	158.16	550.75	220.14	680.97	441.014713
2009/1	173.24	615.25	239.36	754.73	453.534966
2009/2	163.13	634.00	224.69	702.22	439.601751
2009/3	164.52	625.25	230.98	694.16	451.005662
2009/4	168.72	577.25	233.47	787.30	480.03033
2009/5	180.31	540.75	256.70	845.24	486.455783
2009/6	178.83	548.60	253.41	831.60	495.441692
2009/7	151.76	623.00	224.95	750.65	507.403917
2009/8	152.01	576.25	210.37	809.67	551.94825
2009/9	150.57	593.67	191.09	749.40	602.805055
2009/10	167.22	566.25	198.85	797.62	625.411801
2009/11	171.61	566.25	211.04	854.24	649.375341
2009/12	164.58	606.00	206.25	867.40	695.118055
2010/1	167.21	598.00	201.51	838.22	659.414229
2010/2	161.63	584.75	194.54	840.42	653.032427
2010/3	159.01	540.13	191.07	869.39	611.351438

2010/4	157.66	502.23	192.82	868.10	576.456325
2010/5	163.77	472.48	181.88	832.68	558.320679
2010/6	152.87	458.55	157.67	820.99	608.696306
2010/7	163.92	470.68	195.82	836.74	644.07525
2010/8	175.60	486.86	246.25	895.28	683.382908
2010/9	205.84	519.95	271.69	929.65	776.489084
2010/10	235.70	533.13	270.23	1034.85	765.959386
2010/11	238.24	543.14	274.08	1123.30	839.71976
2010/12	250.63	536.78	306.53	1208.33	837.846785
2011/1	265.29	528.38	326.55	1257.14	874.620207
2011/2	293.40	532.80	348.15	1268.35	889.948136
2011/3	290.36	508.96	316.75	1245.10	796.070058
2011/4	318.70	500.57	336.12	1279.14	788.362026
2011/5	308.47	500.55	354.47	1255.67	753.938944
2011/6	310.46	518.09	326.43	1250.06	774.363675
2011/7	300.80	546.19	303.88	1242.10	835.232303
2011/8	310.24	577.30	327.07	1225.27	873.222265
2011/9	296.21	615.55	315.92	1218.86	866.07025
2011/10	274.78	602.14	289.01	1126.77	842.102852
2011/11	274.23	609.09	281.01	1118.32	840.087197
2011/12	258.44	580.91	269.03	1103.04	805.95754
2012/1	272.85	541.06	274.89	1131.77	779.466374
2012/2	279.46	547.48	277.77	1170.22	749.263044
2012/3	280.66	577.05	283.88	1196.53	738.157759
2012/4	274.21	585.95	266.32	1232.58	703.913957
2012/5	268.79	612.43	264.36	1134.58	669.54389
2012/6	267.23	606.14	276.19	1097.80	636.957468
2012/7	332.95	578.36	345.69	1175.27	632.91566
2012/8	332.17	582.87	349.40	1188.51	635.621458
2012/9	320.72	590.50	353.42	1213.30	567.980407
2012/10	321.63	584.74	358.20	1119.92	532.512216
2012/11	321.54	590.73	361.00	1071.76	500.627805
2012/12	308.72	565.52	347.89	1088.78	497.462072
2013/1	303.29	573.39	335.50	1122.83	498.108236
2013/2	302.50	574.07	318.92	1131.98	481.605613
2013/3	309.49	564.52	309.93	1102.89	474.776505
2013/4	280.27	553.73	308.74	1086.75	457.028291
2013/5	295.29	552.09	319.11	1082.78	447.728791
2013/6	297.06	546.25	313.52	1058.59	432.30445
2013/7	278.93	538.26	304.68	1000.84	451.125915
2013/8	234.89	503.82	305.49	944.27	470.897371
2013/9	207.41	470.00	307.51	934.97	475.779608
2013/10	201.73	453.26	325.07	897.66	489.292028
2013/11	199.14	448.81	306.75	897.31	476.341787
2013/12	197.50	447.55	291.56	872.47	457.417201

المصدر: قاعدة بيانات مؤشرات أسعار السلع الأساسية لصندوق النقد الدولي

ملحق رقم (7): مؤشرات تقلب أسعار السلع الزراعية الغذائية 2000 - 2013

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
الذرة	0.09209115	0.03815004	0.09899535	0.03528974	0.13629837	0.03447114	0.17811015
الأرز	0.11903109	0.04271727	0.02902392	0.01500653	0.07916782	0.0247218	0.0285558
القمح	0.07994256	0.03463783	0.18284174	0.06997699	0.05137812	0.05959146	0.0719746
زيت الصوجا	0.06447465	0.06887404	0.12913365	0.11806692	0.18337412	0.06756939	0.08268271
السكر	0.07674047	0.00874713	0.04191178	0.02725996	0.01614718	0.02626574	0.07286948
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
الذرة	0.06327732	0.17579178	0.06063588	0.19474944	0.06704242	0.08908838	0.18003129
الأرز	0.05456124	0.27711906	0.05313798	0.08502455	0.07832744	0.03608166	0.09804591
القمح	0.25500396	0.21948215	0.09241874	0.21152448	0.08294836	0.13278201	0.0361304
زيت الصوجا	0.15350957	0.23016694	0.07326755	0.13859248	0.05144717	0.04500401	0.09618377
السكر	0.02698581	0.05604138	0.16117149	0.14248383	0.0531735	0.1514849	0.04041669

المصدر: من إعداد الباحث اعتمادا على الملحق السابق

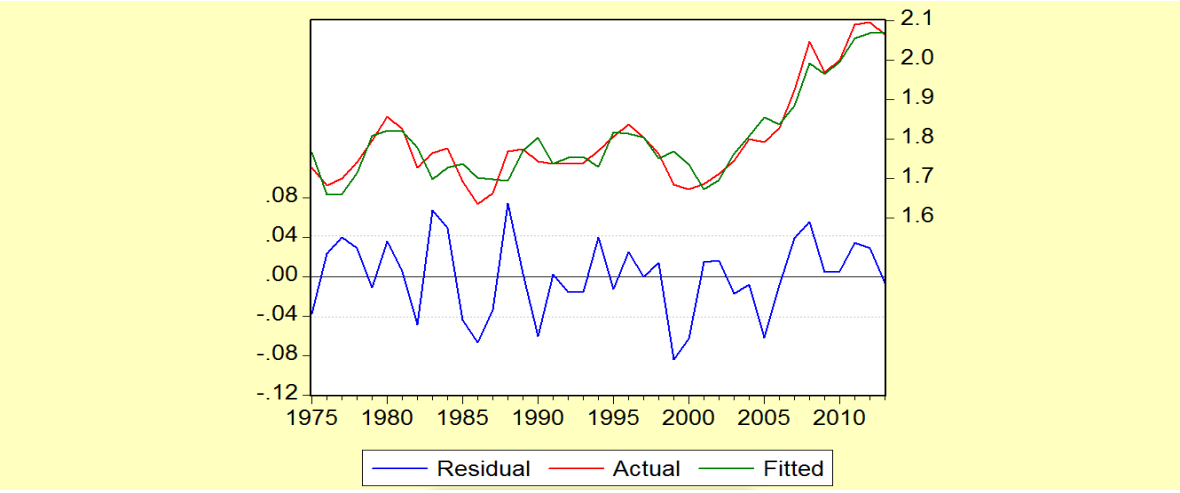
ملحق رقم (8): إنتاج الذرة في الولايات المتحدة الأمريكية و استخداماته 1996 - 2012

السنة	الإنتاج	الاستخدام الغذائي	إنتاج الإيثانول	الصادرات
1996	235	134	11	46
1997	234	138	12	38
1998	248	138	13	50
1999	240	143	14	49
2000	252	148	16	49
2001	241	149	18	48
2002	228	141	25	40
2003	256	147	30	48
2004	300	156	34	46
2005	282	155	41	54
2006	268	141	54	54
2007	331	149	77	62
2008	307	132	94	47
2009	333	130	117	50
2010	316	122	127	47
2011	314	116	127	39
2012	274	116	114	21

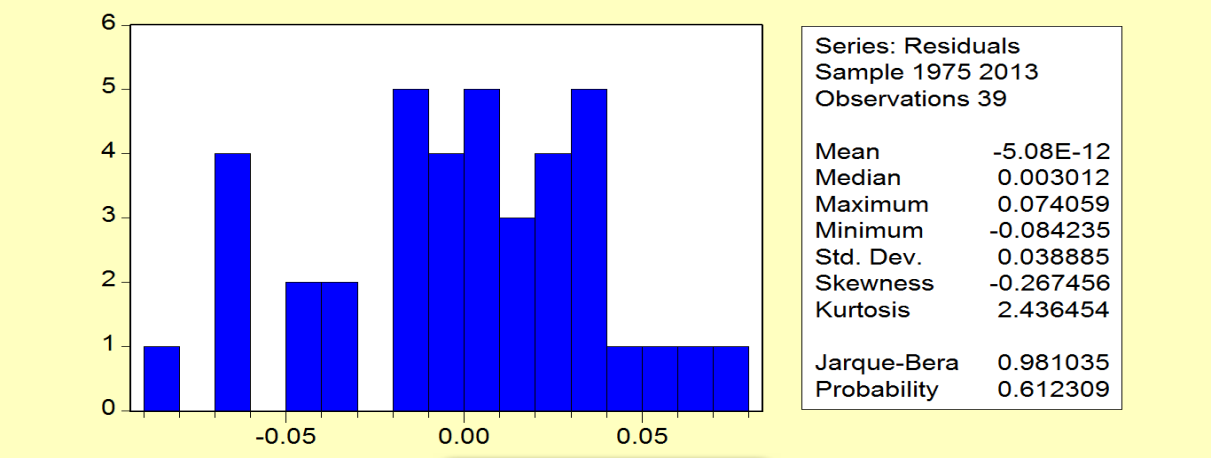
المصدر: www.ers.usda.gov/data-products/feed-grains-database.aspx

ملحق رقم (9): الاختبارات القياسية لنموذج تأثير أسعار الطاقة على أسعار السلع الزراعية

التمثيل البياني لبواقي النموذج المقدر



اختبار التوزيع الطبيعي لبواقي النموذج المقدر



اختبار تجانس تباين حد الخطأ

White Heteroskedasticity Test:

F-statistic	1.543822	Probability	0.195914
Obs*R-squared	8.754938	Probability	0.187836

Test Equation:
Dependent Variable: RESID^2
Method: Least Squares
Date: 04/18/15 Time: 20:22
Sample: 1975 2013
Included observations: 39

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.166935	0.168080	-0.993188	0.3281
LE	-0.067825	0.028921	-2.345183	0.0254
LE^2	0.022496	0.009206	2.443574	0.0202
LF	0.236434	0.202447	1.167879	0.2515
LF^2	-0.068866	0.055199	-1.247592	0.2212
T	0.001111	0.000546	2.034874	0.0502
T^2	-1.59E-05	7.83E-06	-2.025541	0.0512

R-squared	0.224486	Mean dependent var	0.001473
Adjusted R-squared	0.079077	S.D. dependent var	0.001789
S.E. of regression	0.001717	Akaike info criterion	-9.735698
Sum squared resid	9.43E-05	Schwarz criterion	-9.437110
Log likelihood	196.8461	F-statistic	1.543822
Durbin-Watson stat	2.420229	Prob(F-statistic)	0.195914

اختبار تجانس التباين الشرطي لحد الخطأ

ARCH Test:

F-statistic	0.024622	Probability	0.876190
Obs*R-squared	0.025972	Probability	0.871969

Test Equation:
Dependent Variable: RESID^2
Method: Least Squares
Date: 04/18/15 Time: 20:24
Sample(adjusted): 1976 2013
Included observations: 38 after adjusting endpoints

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.001434	0.000392	3.663511	0.0008
RESID^2(-1)	0.026371	0.168062	0.156914	0.8762

R-squared	0.000683	Mean dependent var	0.001474
Adjusted R-squared	-0.027075	S.D. dependent var	0.001813
S.E. of regression	0.001837	Akaike info criterion	-9.709900
Sum squared resid	0.000122	Schwarz criterion	-9.623711
Log likelihood	186.4881	F-statistic	0.024622
Durbin-Watson stat	1.980719	Prob(F-statistic)	0.876190

اختبار استقرارية النموذج

Chow Breakpoint Test: 2008

F-statistic	1.425342	Probability	0.244765
Log likelihood ratio	8.569730	Probability	0.127507

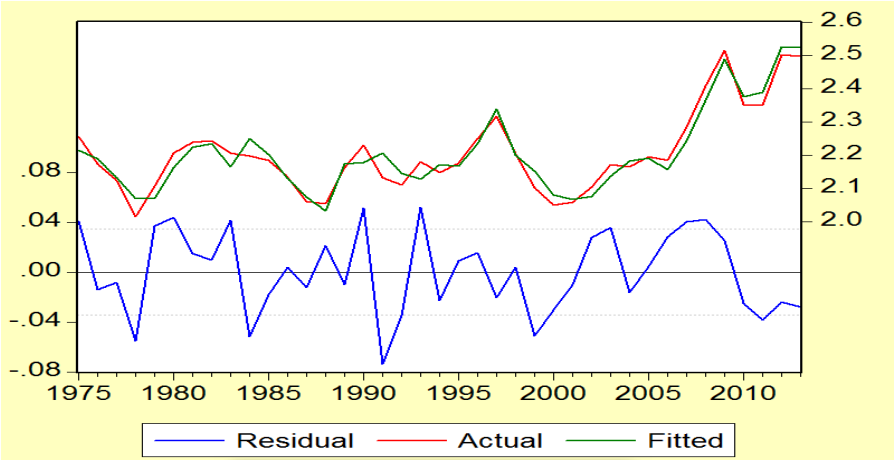
التمثيل البياني لدالة الارتباط الذاتي لسلسلة البواقي

Date: 04/18/15 Time: 20:23
Sample: 1975 2013
Included observations: 39
Q-statistic probabilities adjusted for 1 ARMA term(s)

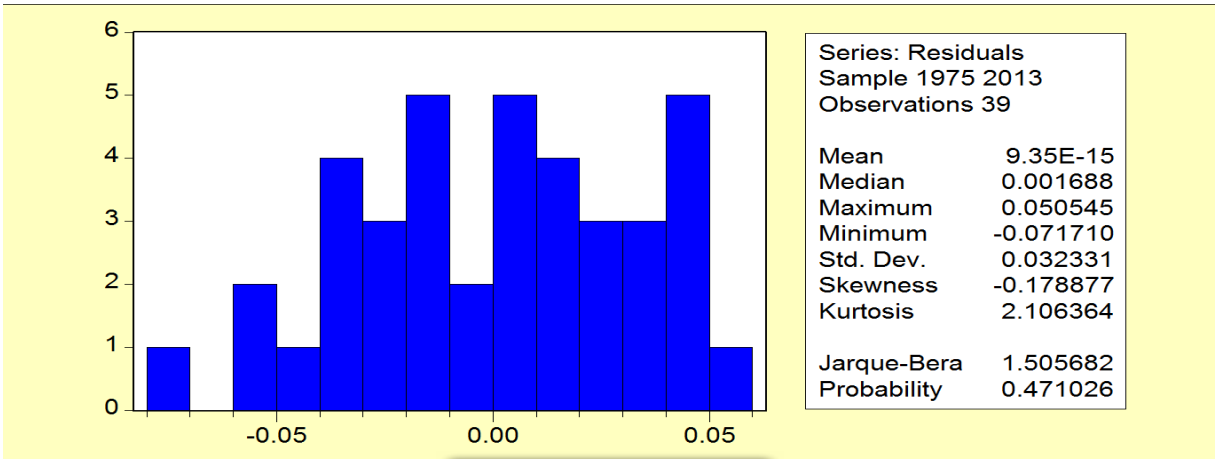
Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.123	0.123	0.6365	
		2	-0.370	-0.391	6.5397	0.011
		3	-0.103	0.009	7.0153	0.030
		4	0.137	0.011	7.8774	0.049
		5	0.132	0.083	8.6938	0.069
		6	0.007	0.036	8.6961	0.122
		7	-0.035	0.041	8.7589	0.188
		8	-0.105	-0.106	9.3307	0.230
		9	-0.226	-0.248	12.048	0.149
		10	0.092	0.102	12.519	0.186
		11	-0.067	-0.351	12.776	0.236
		12	-0.133	0.008	13.816	0.243
		13	0.120	0.103	14.704	0.258
		14	0.187	0.158	16.943	0.202
		15	0.007	0.095	16.946	0.259
		16	-0.175	-0.048	19.073	0.210

ملحق رقم (10): الاختبارات القياسية لنموذج تأثير سعر الذرة في سعر القمح

التمثيل البياني لبواقي النموذج المقدر



اختبار التوزيع الطبيعي لبواقي النموذج المقدر



اختبار تجانس تباين حد الخطأ

White Heteroskedasticity Test:

F-statistic	0.167903	Probability	0.953249
Obs*R-squared	0.755455	Probability	0.944318

Test Equation:
Dependent Variable: RESID^2
Method: Least Squares
Date: 04/19/15 Time: 19:11
Sample: 1975 2013
Included observations: 39

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.036662	0.070685	-0.518669	0.6074
LMP	0.016718	0.036380	0.459528	0.6488
LMP^2	-0.003916	0.008454	-0.463237	0.6461
LF	0.021020	0.074391	0.282557	0.7792
LF^2	-0.005527	0.020559	-0.268857	0.7897

R-squared	0.019371	Mean dependent var	0.001018
Adjusted R-squared	-0.095998	S.D. dependent var	0.001085
S.E. of regression	0.001136	Akaike info criterion	-10.60306
Sum squared resid	4.39E-05	Schwarz criterion	-10.38978
Log likelihood	211.7597	F-statistic	0.167903
Durbin-Watson stat	1.481598	Prob(F-statistic)	0.953249

اختبار تجانس التباين الشرطي لحد الخطأ

ARCH Test:

F-statistic	1.134318	Probability	0.293948
Obs*R-squared	1.160762	Probability	0.281308

Test Equation:
Dependent Variable: RESID^2
Method: Least Squares
Date: 04/18/15 Time: 20:33
Sample(adjusted): 1976 2013
Included observations: 38 after adjusting endpoints

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.000862	0.000257	3.358479	0.0019
RESID^2(-1)	0.174299	0.163654	1.065044	0.2939

R-squared	0.030546	Mean dependent var	0.001049
Adjusted R-squared	0.003617	S.D. dependent var	0.001158
S.E. of regression	0.001156	Akaike info criterion	-10.63702
Sum squared resid	4.81E-05	Schwarz criterion	-10.55083
Log likelihood	204.1033	F-statistic	1.134318
Durbin-Watson stat	1.908691	Prob(F-statistic)	0.293948

التمثيل البياني لدالة الارتباط الذاتي لسلسلة البواقي

Date: 04/18/15 Time: 20:32
Sample: 1975 2013
Included observations: 39
Q-statistic probabilities adjusted for 1 ARMA term(s)

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.035	0.035	0.0505	
		2	-0.077	-0.078	0.3057	0.580
		3	-0.063	-0.058	0.4826	0.786
		4	-0.247	-0.251	3.2657	0.352
		5	-0.043	-0.043	3.3534	0.501
		6	-0.044	-0.096	3.4453	0.632
		7	0.119	0.090	4.1511	0.656
		8	-0.002	-0.093	4.1512	0.762
		9	-0.222	-0.250	6.7673	0.562
		10	0.026	-0.009	6.8039	0.658
		11	-0.143	-0.180	7.9779	0.631
		12	-0.117	-0.195	8.7870	0.642
		13	0.322	0.210	15.154	0.233
		14	0.088	-0.011	15.650	0.269
		15	0.048	-0.033	15.801	0.326
		16	-0.078	-0.100	16.223	0.367

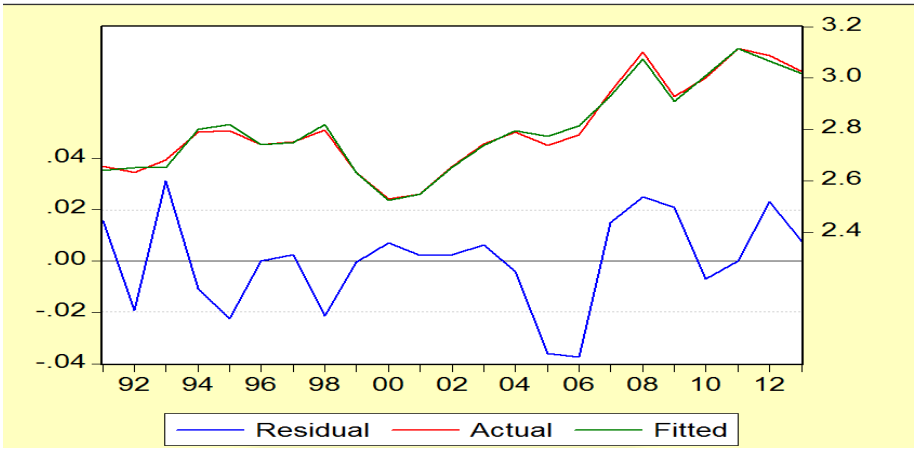
اختبار استقرارية النموذج

Chow Breakpoint Test: 2005

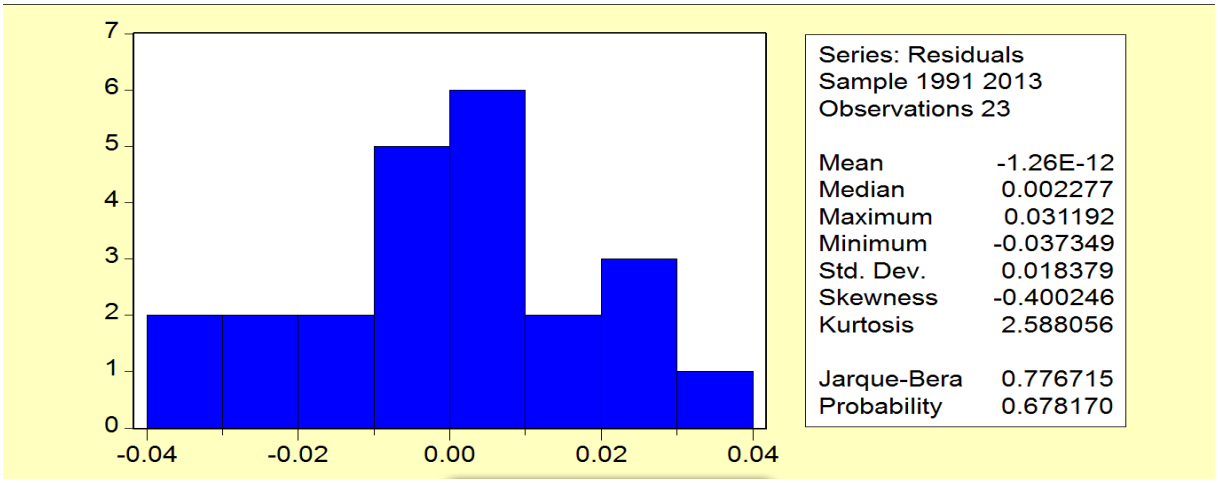
F-statistic	0.727585	Probability	0.579918
Log likelihood ratio	3.499579	Probability	0.477942

ملحق رقم (11): الاختبارات القياسية لنموذج سعر زيت الصوجا

التمثيل البياني لبواقي النموذج المقدر



اختبار التوزيع الطبيعي لبواقي نموذج المقدر



اختبار تجانس تباين حد الخطأ

White Heteroskedasticity Test:

F-statistic	2.286511	Probability	0.099918
Obs*R-squared	7.749159	Probability	0.101211

Test Equation:
Dependent Variable: RESID^2
Method: Least Squares
Date: 05/21/15 Time: 09:21
Sample: 1991 2013
Included observations: 23

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.026136	0.022420	-1.165752	0.2589
LRP	-0.011156	0.028900	-0.386028	0.7040
LRP^2	0.002535	0.005127	0.494484	0.6269
LPP	0.030692	0.031692	0.968446	0.3457
LPP^2	-0.006164	0.005809	-1.060994	0.3027

R-squared	0.336920	Mean dependent var	0.000323
Adjusted R-squared	0.189569	S.D. dependent var	0.000416
S.E. of regression	0.000375	Akaike info criterion	-12.75072
Sum squared resid	2.53E-06	Schwarz criterion	-12.50387
Log likelihood	151.6333	F-statistic	2.286511
Durbin-Watson stat	2.031283	Prob(F-statistic)	0.099918

اختبار تجانس التباين الشرطي لحد الخطأ

ARCH Test:

F-statistic	1.052884	Probability	0.317095
Obs*R-squared	1.100251	Probability	0.294211

Test Equation:
Dependent Variable: RESID^2
Method: Least Squares
Date: 04/18/15 Time: 19:27
Sample(adjusted): 1992 2013
Included observations: 22 after adjusting endpoints

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.000251	0.000117	2.146529	0.0443
RESID^2(-1)	0.225658	0.219917	1.026101	0.3171

R-squared	0.050011	Mean dependent var	0.000326
Adjusted R-squared	0.002512	S.D. dependent var	0.000426
S.E. of regression	0.000425	Akaike info criterion	-12.60117
Sum squared resid	3.62E-06	Schwarz criterion	-12.50198
Log likelihood	140.6129	F-statistic	1.052884
Durbin-Watson stat	1.940994	Prob(F-statistic)	0.317095

التمثيل البياني لدالة الارتباط الذاتي لسلسلة البواقي

Date: 04/18/15 Time: 19:25
Sample: 1991 2013
Included observations: 23
Q-statistic probabilities adjusted for 1 ARMA term(s)

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.112	0.112	0.3258	
		2	-0.238	-0.253	1.8743	0.171
		3	-0.138	-0.083	2.4256	0.297
		4	-0.007	-0.042	2.4272	0.489
		5	-0.058	-0.115	2.5338	0.639
		6	-0.043	-0.053	2.5974	0.762
		7	-0.048	-0.095	2.6812	0.848
		8	0.042	0.010	2.7472	0.907
		9	-0.002	-0.065	2.7474	0.949
		10	0.078	0.077	3.0168	0.964
		11	0.095	0.067	3.4519	0.969
		12	-0.068	-0.074	3.6908	0.978

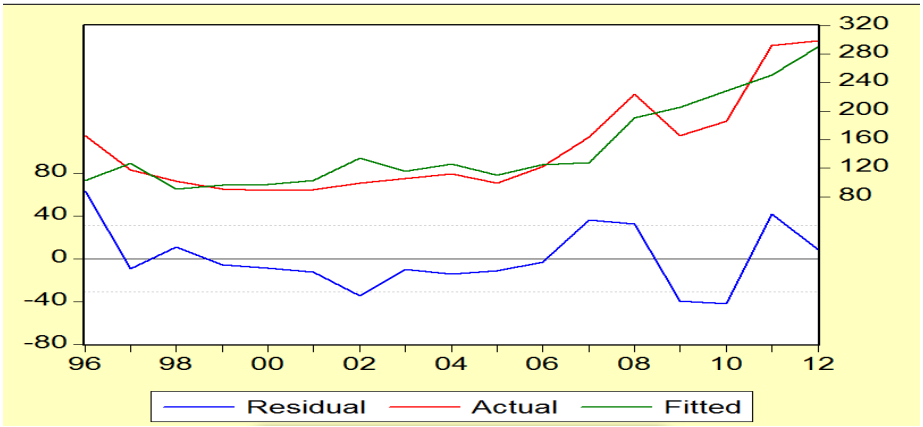
اختبار استقرارية النموذج

Chow Breakpoint Test: 2006

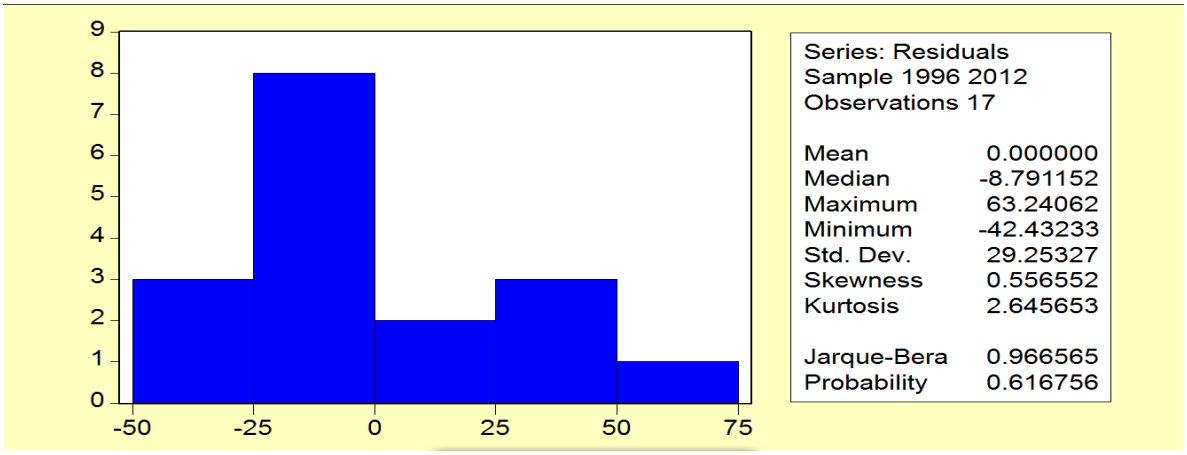
F-statistic	0.984417	Probability	0.445537
Log likelihood ratio	5.361366	Probability	0.252187

ملحق رقم (12): الاختبارات القياسية لنموذج تأثير إنتاج الإيثانول على سعر الذرة

التمثيل البياني لبواقي النموذج المقدر



اختبار التوزيع الطبيعي لبواقي النموذج المقدر



اختبار تجانس تباين حد الخطأ

White Heteroskedasticity Test:

F-statistic	0.868049	Probability	0.510734
Obs*R-squared	3.815057	Probability	0.431613

Test Equation:
Dependent Variable: RESID^2
Method: Least Squares
Date: 05/21/15 Time: 08:23
Sample: 1996 2012
Included observations: 17

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-1741.941	4578.069	-0.380497	0.7102
MU	-36.51752	42.37595	-0.861751	0.4057
MU^2	0.330304	0.305898	1.079785	0.3015
MXP	107.9251	207.4686	0.520200	0.6124
MXP^2	-0.933184	2.566324	-0.363627	0.7225

R-squared	0.224415	Mean dependent var	805.4153
Adjusted R-squared	-0.034113	S.D. dependent var	1065.009
S.E. of regression	1083.023	Akaike info criterion	17.05283
Sum squared resid	14075254	Schwarz criterion	17.29789
Log likelihood	-139.9490	F-statistic	0.868049
Durbin-Watson stat	1.332664	Prob(F-statistic)	0.510734

اختبار تجانس التباين الشرطي لحد الخطأ

ARCH Test:			
F-statistic	0.300002	Probability	0.592507
Obs*R-squared	0.335666	Probability	0.562341

Test Equation:
Dependent Variable: RESID^2
Method: Least Squares
Date: 04/18/15 Time: 19:46
Sample(adjusted): 1997 2012
Included observations: 16 after adjusting endpoints

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	526.2386	230.3059	2.284955	0.0384
RESID^2(-1)	0.093422	0.170564	0.547724	0.5925

R-squared	0.020979	Mean dependent var	605.7928
Adjusted R-squared	-0.048951	S.D. dependent var	698.0423
S.E. of regression	714.9231	Akaike info criterion	16.09870
Sum squared resid	7155611.	Schwarz criterion	16.19527
Log likelihood	-126.7896	F-statistic	0.300002
Durbin-Watson stat	1.083826	Prob(F-statistic)	0.592507

التمثيل البياني لدالة الارتباط الذاتي لسلسلة البواقي

Date: 04/18/15 Time: 19:45
Sample: 1996 2012
Included observations: 17

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.042	0.042	0.0360	0.849
		2	-0.256	-0.259	1.4515	0.484
		3	-0.057	-0.035	1.5269	0.676
		4	0.083	0.023	1.6980	0.791
		5	-0.055	-0.089	1.7784	0.879
		6	-0.239	-0.226	3.4578	0.750
		7	-0.015	-0.032	3.4649	0.839
		8	0.009	-0.129	3.4681	0.902
		9	-0.082	-0.136	3.7397	0.928
		10	-0.029	-0.064	3.7779	0.957
		11	0.096	-0.004	4.2738	0.961
		12	0.121	0.025	5.2198	0.950

اختبار استقرارية النموذج

Chow Breakpoint Test: 2005			
F-statistic	0.757290	Probability	0.541009
Log likelihood ratio	3.191778	Probability	0.362991