



التجربة البرازيلية مع الوقود الحيوي - مقارنة تاريخية -

The Brazilian experience with biofuels - a historical approach -

لامية حمائية*، جامعة العربي بن مهيدي- أم البواقي (الجزائر)، hamaizia.lamia@univ-oeb.dz

تاريخ الإرسال: 2022/04/21	تاريخ القبول: 2022/06/04	تاريخ النشر: 2022/06/15	المؤلف المرسل: لامية حمائية
---------------------------	--------------------------	-------------------------	-----------------------------

الملخص:

تهدف من خلال هذه الورقة البحثية إبراز الأوجه السلبية حالة التوسع في إنتاج الوقود الحيوي انطلاقاً من المنتجات الزراعية ذات الاستهلاك الواسع، وكذا مختلف آثارها السلبية على المدى المتوسط و الطويل من الزاوية الاقتصادية، الاجتماعية و البيئية.

لقد توصلنا إلى مجموعة من النتائج، أهمها: إنتاج البيوإيثانول على نطاق واسع بالاعتماد على المنتجات الزراعية ذات الاستهلاك الواسع، سيؤدي إلى ارتفاع أسعار المنتجات الزراعية نظراً لارتفاع الطلب عليها هذا من الناحية الاقتصادية، أما من الناحية الاجتماعية فقد سجلنا انكماش القدرة الشرائية للمواطنين، نظراً لارتفاع أسعار بعض المنتجات الزراعية، بالإضافة إلى استغلال الأطفال في الحقول الواسعة لقصب السكر و الصوجا لاسيما في الدول الفقيرة، أما من الناحية البيئية فقد سجلنا الاستعمال المكثف للمياه و تحفيز مصادرها، تلويث المياه الجوفية، إفقار التربة، إلخ.

الكلمات المفتاحية: الطاقات المتجددة، الوقود الحيوي السائل، البيوإيثانول، المنتجات الزراعية، البرازيل.

Abstract:

We aim through this paper to highlight the other face of the expansion in the production of biofuels from agricultural products and its negative effects on the medium to long term from the economic, social and environmental axes.

We came to a series of important results; in economic terms, the production of bioethanol widely depending on the agricultural products would lead to higher prices for agricultural products due to the high demand for these products; in social terms, the shrinking purchasing power of citizens due to the high prices of some agricultural products, and the exploitation of children in the vast fields of sugar cane and soybean especially in poor countries; in environmental terms, a heavy use of water and drying sources, polluting the groundwater, soil impoverishment, etc.

Keywords: renewable energies, liquid biofuels, bioethanol, agricultural products, Brazil.

* المؤلف المرسل: لامية حمائية

1. مقدمة:

يعتبر البيويثانول أحد أنواع الوقود الحيوي الذي تم اكتشافه و استعماله في بداية القرن العشرين في مجموعة من الدول الأمريكية لاسيما البرازيل، هذه الأخيرة التي خصصت أولى حقول لإنتاج قصب السكر لغرض إنتاج هذا الوقود سنة 1903، و قد تم الترخيص الرسمي لتوسيع إنتاج الجيل الأول من هذا الوقود سنة 1920. لقد قطع البيويثانول أشواطاً عديدة من ناحية تنويع مصادر الإنتاج، تطور نسب خلطه مع البنزين و الديزل... إلا أن الانطلاقة الفعلية كانت بسبب الأزمة البترولية لسنة 1973، من خلال التوسع في إنتاج هذا النوع من الوقود نظراً للارتفاع غير المسبوق لأسعار المحروقات. و من أجل تحقيق الأمن الطاقوي قررت الحكومة البرازيلية سنة 1975 إطلاق شعار (Proalcool) أي تحويل الدفعة نحو إنتاج و استهلاك الإيثانول كوقود حيوي.

مع الأسعار الحالية للبترول، تسعى الدول الرائدة في إنتاج البيويثانول جاهدة للتوسع في إنتاج هذا النوع من الوقود، من خلال الرفع من حجم إنتاج المنتجات الزراعية الكفيلة بتحقيق الأهداف المحددة. هذا و تحذو الدول النامية حذو الدول السبابة في إنتاج الوقود الحيوي نظراً للتكاليف الاقتصادية و البيئية التي تميز هذا النوع من الطاقة، و ذلك بالمقارنة مع مصادر الطاقة الأحفورية التقليدية.

يبقى أن التوسع في إنتاج البيويثانول انطلقاً من المنتجات الزراعية ذات الاستهلاك الواسع لدى الإنسان، أو المستعملة على نطاق واسع للإنتاج الحيواني تطرح تساؤلات عديدة حول: الآثار الاقتصادية لأسعار المنتجات الزراعية وتكلفة اللحوم الحمراء و البيضاء، الآثار الاجتماعية لاستغلال العمال في الحقول الواسعة لإنتاج هذه المنتجات الزراعية، ومختلف الآثار البيئية لإنتاج و استهلاك البيويثانول كوقود حيوي على نطاق واسع.

1.1. طرح الإشكالية:

إن هذا الموضوع يثير العديد من الإشكاليات التي تدور في مجملها حول: ما هي انعكاسات استخدام الوقود الحيوي من خلال التجربة البرازيلية للفترة من 1975 إلى الوقت الحالي ؟

2.2. التساؤلات الفرعية:

من خلال التساؤل الرئيسي يمكن اشتقاق التساؤلات الفرعية الآتية:

- ما هي نتائج إنتاج الوقود الحيوي من المنتجات الزراعية؟
- ما هي الآثار المترتبة من الارتفاع المستمر للطلب على الوقود على سوق العمل في الدول المنتجة له؟
- ما مدى تنافسية أسعار الوقود الحيوي بالمقارنة مع أسعار البترول؟

3.3. الفرضيات:

للإجابة على الإشكالية السابقة، تم صياغة الفرضيات الآتية:

- إنتاج الوقود الحيوي انطلقاً من المنتجات الزراعية ليس له نتائج سلبية؛
- الارتفاع المستمر و الطردي للطلب على الوقود له نتائج ايجابية على سوق العمل في الدول المنتجة له؛

- أسعار الوقود الحيوي- البيوإيثانول تنافسية جدا بالمقارنة مع أسعار البترول.

4.1. أهمية الدراسة:

تبرز أهمية الدراسة في إبراز ما يمكن أن تخسره البشرية و ما يمكن أن تربحه حالة تبني الوقود الحيوي كمصدر للطاقة المتجددة. تحديد الآثار السلبية المحتملة حالة التوسع في إنتاج الوقود الحيوي انطلاقا من منتجات زراعية ذات الطلب الواسع للاستهلاك البشري والاستعمال الحيواني، و تحديد الآثار الاجتماعية في الدول النامية على العمالة، و الوقوف على حقيقة الآثار البيئية و التوازن البيولوجي حالة التوسع في إنتاج هذا النوع من الوقود سعيا في تحقيق الأمن الطاقوي.

5.1. أهداف الدراسة:

تهدف من وراء هذا التشخيص إلى إبراز الأوجه الإيجابية و السلبية لإنتاج واستهلاك أحد أنواع الطاقات المتجددة و هو الوقود الحيوي، و ذلك من ثلاث زوايا اقتصادية، اجتماعية وبيئية.

6.1. منهجية الدراسة:

للوصول إلى أهداف الدراسة والإجابة عن الإشكالية المطروحة تم تبني المنهج الوصفي التحليلي، الذي يتناسب مع هذا النوع من الأبحاث. وذلك من خلال وصف متغيرات الدراسة من جهة، وتحليل البيانات المرتبطة بدراسة حالة.

7.1 الدراسات السابقة:

من الأبحاث والدراسات السابقة التي تناولت الموضوع ذات العلاقة المباشرة نذكر ما يلي:

- **L'étude (TIRADOA M.C et al, 2010): Addressing the challenges of climate change and biofuel production for food and nutrition security**

تضمنت الدراسة تحليل عدد من العوامل الاجتماعية والاقتصادية المهمة، إلى جانب تغير المناخ وإنتاج الوقود الحيوي، التي تؤثر حاليا على الأمن الغذائي والتغذية، والتي من المحتمل أن تساهم في التأثيرات المستقبلية وذلك في ظل معاناة أكثر من مليار شخص من الجوع وسوء التغذية في عام 2009، وقد تدهور الأمن الغذائي منذ عام 1995، كما أن الانخفاض في سوء تغذية الأطفال يسير ببطء شديد لتحقيق الهدف الإنمائي للألفية المتمثل في خفض الجوع إلى النصف بحلول عام 2015. واختتمت الدراسة بسلسلة من مقترحات السياسات والتوصيات للتكيف والتخفيف من آثار تغير المناخ والتغير البيئي العالمي، ووضع حقوق الإنسان في مركز صنع القرار. كما تتضمن هذه المقترحات عددا من الخيارات لتحسين الاستدامة والأمن الغذائي والتغذية، مع معالجة الروابط بين تغير المناخ والطلب على الطاقة الحيوية.

- **L'étude (GOLDEMBERG. J et al, 2008): The sustainability of ethanol production from sugarcane**

تهدف هذه الدراسة إلى تبيان آثار التوسع السريع في إنتاج الإيثانول من قصب السكر في البرازيل، فيما يتعلق بعواقبها السلبية واستدامتها، إضافة إلى الآثار الإيجابية في إزالة مركبات الرصاص من البنزين وتقليل الانبعاثات الضارة. ومن الآثار البيئية كذلك انخفاض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، نظرا لأن إيثانول قصب السكر لا يتطلب سوى كمية صغيرة من الوقود الأحفوري لإنتاجه، وبالتالي فهو وقود متجدد. هذه الآثار ملحوظة بشكل خاص في تحسين جودة الهواء في

المناطق الحضرية ولكن أيضا في المناطق الريفية، حيث يتم الحصاد الآلي للقصب الأخضر، والقضاء على احتراق قصب السكر.

ومن التأثيرات السلبية في المستقبل قد يؤدي الإنتاج من قصب السكر إلى تدمير أو إتلاف المناطق عالية التنوع البيولوجي، إزالة الغابات أو تدهورها أو إتلافها من خلال استخدام المواد الكيميائية وإزالة الكربون من التربة، وتلوث الموارد المائية أو نضوبها، والتنافس بين إنتاج الغذاء والوقود، مما يؤدي إلى انخفاض الأمن الغذائي وتدهور ظروف العمل في الحقول.

تتقاطع الدراسة التي بين أيدينا مع الدراسات السابقة في الإشارة إلى تاريخ ظهور البيوإيثانول كمصدر للطاقة المتجددة. لكن الاختلاف في دراستنا يكمن في إبراز الأوجه السلبية حالة التوسع في إنتاج الوقود الحيوي انطلاقا من المنتجات الزراعية ذات الاستهلاك الواسع، وكذا مختلف آثارها السلبية على المدى المتوسط و الطويل من عدة زوايا؛ الاقتصادية، الاجتماعية و البيئية.

8.1. خطة الدراسة:

تم تقسيم محتوى الورقة البحثية إلى ثلاث محاور كما يلي: تطرقنا في المحور الأول إلى الظروف التاريخية، السياسية والاقتصادية لظهور البيوإيثانول كمصدر للطاقة المتجددة، محاولين عرض المراحل الخمس التي مر بها البيوإيثانول في البرازيل. تطرقنا في المحور الثاني إلى التكاليف الاقتصادية، الاجتماعية و البيئية لإنتاج و استهلاك البيوإيثانول كوقود حيوي سائل. أما المحور الثالث فقد خصص لعرض التداعيات الاقتصادية، الاجتماعية و البيئية للتوسع في إنتاج و استهلاك البيوإيثانول كوقود حيوي سائل.

2. الظروف التاريخية، السياسية و الاقتصادية لظهور البيوإيثانول كمصدر للطاقة المتجددة:

سنحاول من خلال هذا المحور الإحاطة بالظروف التي صاحبت المراحل الخمس التي مر بها البيوإيثانول في البرازيل، هذه الأخيرة التي احتلت لوقت طويل المرتبة الأولى في إنتاج و استهلاك هذا النوع من الوقود، لاسيما من خلال الاعتماد على قصب السكر كمادة أولية لإنتاج هذا النوع من الطاقة.

1.2. المرحلة الأولى من 1975 إلى 1979:

كانت للبرازيل في سنوات السبعينات تبعية تكاد تكون كلية للخارج في تزويدها بالبترول، حيث غطى البترول المستورد نسبة 80% من الاحتياجات الوطنية من هذه المادة (Leite et al, 2009, p 657). و قد أثرت الأزمة البترولية لسنة 1973 بصفة سلبية على ميزان مدفوعات البرازيل، و التي ساهمت في ظهور تيارات تضخمية مهمة ساهمت في إضعاف قدرة الحكومات المتتالية في إيجاد حل لتغطية فاتورة الاستيراد من جهة، و من جهة أخرى في انكماش القدرة الشرائية لأغلب المواطنين (Michellon et al, 2008, p01). لقد وصلت قيمة استيراد البترول من الخارج في سنة 1974 ما يمثل 32.2% من النفقات العامة الخاصة باستيراد السلع و الخدمات، بعدما كانت لا تمثل سوى 9.7% في السنة التي قبلها نظرا لتضاعف أسعار هذا النوع من الطاقة، من دون تغير كبير لحجم البترول المستورد (Leite et al,

(2009, p 659) و خلال نفس الفترة شهد سوق السكر في البرازيل انهيارا كبيرا في الأسعار، هذا الانهيار كان سببا كافيا لتوجيه اهتمام أصحاب القرار لاستعمال قصب السكر في إنتاج البيوإيثانول و لأهداف عديدة من أهمها:

- التقليل من التبعة الطاقوية الخارجية و التحقيق الجزئي للأمن الطاقوي؛
- اقتصاد جزء من العملة الصعبة التي كانت موجهة لاستيراد البترول؛
- تعديل عرض قصب السكر في السوق المحلي و الدولي الموجه لإنتاج مادة السكر وتحسين أسعارها؛
- خلق مناصب شغل في مؤسسات إنتاج مادة السكر و ورشات تقطير الإيثانول التابعة لها (Michellon et al, 2008, p01).

ساهمت الحكومة في هذه الفترة بصفة فعالة في انتشار هذا النوع من الوقود من خلال الدعم الموجه لورشات تقطير الإيثانول و الذي ساهم في انتقال حجم إنتاج هذا الوقود من 220 مليون لتر سنة 1975 إلى 2.8 مليار لتر سنة 1979. تم خلط الإيثانول المقطر غير المميّه (éthanol anhydre) بنسبة 25% مع مادة الديزل، كما ظهرت آفاق و بوارد استعماله و خلطه مع البنزين.

2.2. المرحلة الثانية من 1979 إلى 1986:

شهد العالم سنة 1979 ثاني أزمة بترولية بسبب الصراع العراقي الإيراني في منطقة الشرق الأوسط، الذي ساهم في ارتفاع برميل البترول من \$25 سنة 1979 إلى \$30 سنة 1981، هذا ما دفع حكومة البرازيل إلى زيادة اهتمامها بالإيثانول كوقود يمكنه تعويض الوقود المشتق من البترول (ديزل، بنزين...). و هو ما تجسد فعلا من خلال بعث الجيل الثاني من الإيثانول الذي سمي الإيثانول المميّع (Ethanoh hydraté) الذي أصبح بديل للديزل و لا يقتصر على خلطه مع المشتقات البترولية (Michellon et al, 2008, p01). وفي هذه الفترة ظهرت سوق السيارات التي تشغل على الإيثانول المميّع، و التي لاقت رواجا كبيرا من طرف البرازيليين نظرا لتوفر هذا النوع من الوقود و بأسعار تنافسية في متناول الطبقات المتوسطة التي يمكن أن تقتني السيارات. و قد مثلت نسبة مبيعات السيارات الجديدة التي تشغل على الإيثانول المميّع في الفترة من 1983 إلى 1988 ما يقارب 90% من إجمالي مبيعات السيارات الجديدة المباعة، و في سنة 1988 بلغ عدد السيارات التي تشغل على الإيثانول المميّع 4 ملايين سيارة، و هو ما يمثل نسبة 30% من الحظيرة الوطنية للسيارات (Laluce, 1991, p 150).

3.2. المرحلة الثالثة من 1986 إلى 1990:

تميزت هذه المرحلة بواقع اقتصادي صعب لاسيما بعد سنة 1985، نتيجة لتدهور الأوضاع الاقتصادية والاجتماعية في البرازيل. نتيجة لذلك انخفض حجم الدعم المقدم للمستثمرين في إنتاج الوقود الحيوي (Rosillo-Calle et Cortez, 1998, p117) كما شهد العالم انخفاضا قياسيا لأسعار البترول، بعدما كان سعر البرميل في النصف الأول من عشرية الثمانينات يتراوح بين \$30 و \$40 للبرميل أصبح في النصف الثاني من هذه العشرية بين \$10 و \$12 للبرميل، و هو ما نتج عنه التوجه من جديد للبترول نظرا لأسعاره التنافسية و تقليل الاهتمام بالوقود الحيوي (Michellon

(et al, 2008, p01). كما أن ارتفاع أسعار مادة السكر في السوق العالمي أدت إلى توجيه دفة الاهتمام لإنتاج قصب السكر بغرض إنتاج مادة السكر عوض الإيثانول. هذا الواقع الاقتصادي أدى إلى انخفاض ثقة المواطن في هذا النوع من الوقود الحيوي، مما أدى بدوره إلى انخفاض حجم مبيعات السيارات سنة 1995 إلى 8% من حجم المبيعات الكلية للسيارات الجديدة، بعدما كان قد تجاوز نسبة 88% سنة 1988 (Rosillo-Calle et al, 1998, p 118).

4.2. المرحلة الرابعة من 1990 إلى 2003:

على الرغم من كل الصعوبات التي واجهها الوقود الحيوي دوليا و محليا في البرازيل في المرحلة الثالثة، إلا أنه تم الاستمرار في إنتاج و استهلاك هذا النوع من الطاقة وفق مستجدات و متغيرات جديدة. لقد استفادت صناعة الإيثانول من اكتشافات و تكنولوجيات حديثة ساهمت في جعل أسعاره أكثر تنافسية، على الرغم من توقف دعم الدولة لهذا النوع من الوقود في بداية هذه المرحلة. كما شهدت هذه المرحلة تجميد عمل الجهاز المنظم لقطاع إنتاج الإيثانول و السكر المتمثل في المعهد IAA سنة 1990، الذي كان يعتبر بمثابة اليد المعدلة للحكومة لتنظيم العرض و الطلب على المنتجات المشتقة من قصب السكر وهما الوقود الحيوي و مادة السكر طول 60 سنة مضت (Martines-Filho et al, 2006, p 91). و قد شهدت سنة 1997 تحرير أسعار البيوإيثانول المميع المعوض للديزل، كما شهدت بعدها سنة 1999 تحرير أسعار البيوإيثانول المركز (غير المميّه) الذي يخلط مع مادة الديزل أو البنزين لتشغيل السيارات الهجينة (Nass et al, 2007, p 2229). بدخول القرن الواحد والعشرين، شهدت سنة 2000 ارتفاعا معتبرا لأسعار البترول، الذي بعث من جديد إنتاج هذا النوع من الوقود الحيوي، كما شجع بيع السيارات التي تشتغل على البيوإيثانول المميّه، بالمقابل لم تصل نسبة المبيعات التي تشتغل على هذا النوع من الطاقة تلك التي وصلتها في سنة 1988 (Nass et al., 2007, p 2230).

5.2. المرحلة الخامسة من 2003 إلى غاية الآن:

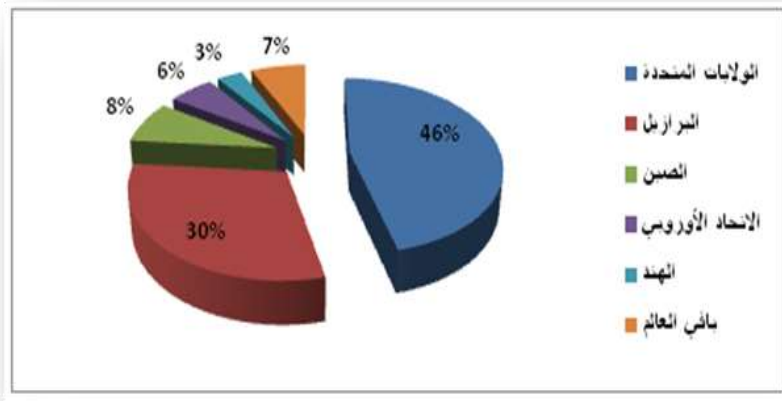
أهم ما ميز المرحلة الخامسة هو الانطلاق في تسويق سيارات *Flex-fuel* سنة 2003 (Leite et al, 2009, p 660). ما يميز هذا النوع من السيارات هي مرونتها في تغيير الوقود المشغل لمحركها، حيث يمكن استخدام (الديزل، خليط من الديزل و البيوإيثانول المركز، أو البيوإيثانول المميع). و قد كان الدافع الرئيسي لإطلاق مثل هذا النوع من السيارات هي الأسعار المرتفعة للبترول في السوق الدولي، و آراء المختصين آنذاك في استمرار ارتفاعه على المدى القريب والمتوسط واحتمال تجاوز عتبة \$100 للبرميل. لقد أعطى هذا النوع من السيارات الثقة من جديد للمواطن البرازيلي في الوقود الحيوي، كما كرس حرية الاختيار بين ثلاث أنواع من الوقود عن طريق المفاضلة بين أسعارها و فاعليتها. وصلت مبيعات سيارات *Flex-fuel* سنة 2007 نسبة 86% من مجموع مبيعات السيارات الجديدة، أما في مارس من سنة 2008 فقد تجاوز عدد مبيعات السيارات التي تشتغل على البيوإيثانول نظيرتها التي تشتغل على الديزل (Faaij et al, 2008, p 140).

من المتوقع أن تنتعش أسعار السكر الخام و الأبيض خلال السنوات العشر القادمة، بحيث أنها قد تستقر عند 285 دولارًا للطن في عام 2028 (OCDE et FAO 2019-2028). و هو ما سيعطي فترات رواج لقصب السكر و منتجاته الأساسية من سكر مائدة ووقود حيوي.

3. التكاليف الاقتصادية، الاجتماعية و البيئية لإنتاج و استهلاك البيويثانول كوقود حيوي سائل:

تم إنتاج سنة 2020 ما حجمه 1.237 مليار هيكتولتر من مادة البيويثانول على مستوى دول العالم. هناك دولتين رئيسيتين ينتجان لوحدهما أكثر من 70% من الإنتاج العالمي لهذا النوع من الطاقة هما الولايات المتحدة و البرازيل. والشكل الموالي يبين حصص الدول من الإنتاج العالمي لمادة البيويثانول (Uriarte et al, 2009, p 105).

الشكل رقم (01): توزيع حصص إنتاج مادة البيويثانول سنة 2020



Source: (OCDE/FAO, 2020)

على الرغم من الإنتاج المتواضع من مادة البيويثانول بالمقارنة مع مادة الديزل و التي لا تغطي سوى 3% من احتياجات الحظيرة العالمية لمعدات النقل، إلا أن مختلف الدول السباقة تسعى للرفع من إنتاج هذه المادة لبلوغ 10% من احتياجات الحظيرة العالمية لمعدات النقل بحلول سنة 2028 (OCDE/FAO, 2020). على الرغم من أن خصائص إنتاج هذه المادة تختلف من دولة إلى أخرى و كذا حجم تأثيرها على السوق العالمي من الوقود، إلا أن جل الدراسات النوعية ركزت على التجربة البرازيلية في إنتاج و استهلاك مادة البيويثانول لأسباب عديدة: نظرا لحجم إنتاجها المعتبر، احتلالها المرتبة الأولى منذ 60 سنة، أكبر منتج عالمي لقصب السكر، أكبر مصدر عالمي لمادة البيويثانول، وكذا الآفاق المستقبلية للتوسع في إنتاج و استهلاك هذا النوع من الوقود الحيوي (Walter et al, 2008, p740). سنعرض فيما يلي أهم النتائج التي تم الحصول عليها من طرف الحكومات البرازيلية المتعاقبة من زوايا اقتصادية، اجتماعية و بيئية.

1.3. النتائج الاقتصادية لإنتاج و استهلاك البيويثانول:

هناك مجموعة من النتائج الاقتصادية التي يمكن استخلاصها من الدول الرائدة في إنتاج الوقود الحيوي انطلاقا من المنتجات الزراعية، و التي يمكن ذكر أهمها فيما يلي:

1.1.3. نتائج إنتاج البيوإيثانول على حجم و إنتاجية قصب السكر و الإمكانيات المرافقة:

خلال الخمس مراحل التي مر بها الوقود الحيوي في البرازيل انتقلت المساحة المزروعة من قصب السكر من 3.5 مليون هكتار إلى 7 مليون هكتار (Matsuoka et al, 2009, p 375). بالموازاة مع توسع المساحة المخصصة لإنتاج قصب السكر، تم ارتفاع إنتاجية الهكتار الواحد من قصب السكر الذي انتقل من 45 طن/هكتار سنة 1960 إلى أكثر من 75 طن/هكتار سنة 2007 (Martinelli et Filoso, 2008, p92). يعود ارتفاع إنتاجية الهكتار من قصب السكر إلى الجهود المبذولة من طرف حكومات البرازيل المتعاقبة سنوات السبعينات و الثمانينات، و من خلال برامج الانتقاء والتهجين، الذي أفضى إلى سلالات كثيفة الإنتاج و مقاومة للأمراض. لم تقتصر برامج الانتقاء و التهجين للحصول على سلالات ذات جودة رفيعة و رفع الإنتاجية في الهكتار فقط، بل و تحسين حجم و تركيز الإيثانول المتولد من قصب السكر المنتج محليا. و قد وصل حجم الإيثانول المتحصل عليه من هكتار قصب سكر في السنوات الأخيرة إلى حدود 5500 لتر/هكتار، و هو رقم قياسي لم يسبق و أن تم تحقيقه في أي دولة أخرى في العالم (FAO, 2008a). بعد أكثر من 48 سنة من إطلاق البرنامج الحكومي لتحفيز إنتاج واستهلاك البيوإيثانول كوقود حيوي والمسمى (Proalcool)، وصل إنتاج قصب السكر في الدورة الفلاحية 2020/2019 إلى أكثر من 625 مليون طن من قصب السكر الموجه لإنتاج مادة السكر و كذا الوقود الحيوي، حيث نصف هذه الكمية ساهمت في إنتاج أكثر من 33 مليار هيكتولتر من البيوإيثانول (OCDE/FAO, 2020).

2.1.3. تذبذب أسعار المحروقات التقليدية و آثارها على سعر، مردودية و حجم إنتاج البيوإيثانول:

قد يكون ارتفاع الطلب على المحروقات التقليدية المشتقة من البترول و المستعملة كوقود لمعدات النقل من بين الأسباب الرئيسية لرواج إنتاج و استهلاك الوقود الحيوي. و هناك من المختصين الذين يؤكدون على استمرار توسع مبيعات معدات النقل الفردية المستهلكة لما يقارب 61.2% من حجم البترول المستهلك في مختلف دول العالم، هذا القطاع المسؤول لوحده عن إفراز ربع حجم غاز الكربون في الكرة الأرضية (Walter et al, 2008, p 741). إن الارتفاع المستمر لسعر برميل البترول من جهة، و الضغوطات المفروضة على الدول من أجل خفض إفرازاتها الغازية المتسببة في الاحتباس الحراري و التغيرات المناخية في بعض دول العالم من جهة أخرى، هو ما دفع جل دول العالم للتفكير مليا في مصادر طاقة نظيفة مثل الوقود الحيوي على المدى القصير و المتوسط، و ذلك لتغطية جزء من الطلب على الوقود التقليدي (Zuurbier et van de Vooren, 2008, p 20). من بين الوقود الحيوي يتجلى البيوإيثانول كالوقود الأمثل، نظرا لمرونة استعماله مفردا أو مزجه مع الوقود التقليدي، و كذا مساهمة التكنولوجيات الحديثة لهذا النوع من الوقود من خلال صناعة سيارات تشتغل عليه حصريا أو ممزجا. إن اهتمام الدول تجسّد في الأهداف المسطرة على المدى القصير و المتوسط من أجل تشجيع إنتاج مثل هذا النوع من الوقود و مزجه بنسب متزايدة مع الوقود التقليدي.

هناك دولتان تحتلان الصدارة في إنتاج البيويثانول هما؛ الولايات المتحدة باعتمادها بشكل كبير على الذرة والبرازيل على قصب السكر، يبقى البرازيل المرشح الأكبر للتوسع في إنتاج البيويثانول نظرا للمساحات الشاسعة التي يمكن استغلالها لإنتاج قصب السكر من جهة، من جهة أخرى مردودية البيويثانول المنتج من قصب السكر من دون دعم الدولة للمنتجين أو المنتج في حد ذاته. إن الخبرة المتراكمة لدولة كالبرازيل في إنتاج مادة البيويثانول انطلاقا من قصب السكر أكسبها إمكانيات طبيعية، مادية، بشرية و تكنولوجية ضخمة و مواتية ترشحها لاستمرارية إنتاج هذا النوع من الوقود الحيوي على نطاق واسع و بأقل التكاليف.

الجدول رقم (01): حجم الإنتاج و التوقعات المستقبلية لصناعة مادة السكر الغذائي و الإيثانول في البرازيل في الفترة 2007-2020

2020/2019	2016/2015	2008/2007	
625,17	665.6	493	إنتاج قصب السكر (مليون طن)
8.59	11.4	7.8	المساحة المزروعة من قصب السكر (هكتار)
31.35	41.3	30.8	حجم إنتاج مادة السكر الغذائي (مليون طن)
33,58	46.9	22.5	حجم إنتاج مادة البيويثانول (مليار لتر)

Source: (Amaral, et al, 2008,p 116 ; OCDE/FAO, 2020)

لقد حققت البرازيل رقما قياسيا في إنتاج قصب السكر، السكر و مادة البيويثانول سنة 2016/2015، إلا أن متغير غير مسبوق قد أثر في إنتاج السنوات الأخيرة، ألا و هو فيروس كورونا و ما صاحبه من انخفاض في إنتاج قصب السكر و ركود عالمي لمختلف الصناعات الغذائية التي تستعمل مادة السكر (OCDE/FAO, 2020).

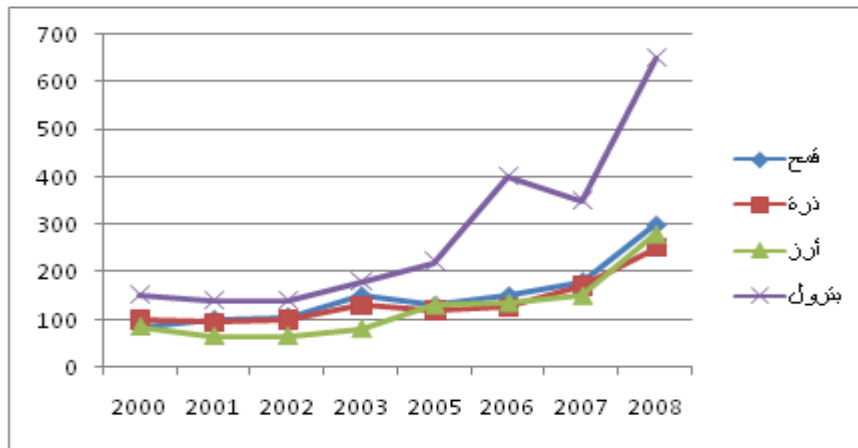
3.1.3. نتائج التوجه إلى استهلاك الوقود الحيوي و آثاره على أسعار المواد الأولية والاستهلاكية:

على الرغم من أن الاهتمام العالمي للوقود الحيوي حديث النشأة، إلا أنه أصبح منافسا حقيقيا لإنتاج مادة السكر و المواد الغذائية التي تستخدم هذه المادة. كما يعتبر سوق البيويثانول من بين الأسباب التي ساهمت في ارتفاع الأسعار غير المسبوق للمواد الغذائية في خضم أزمة أسعار المواد الغذائية لسنة 2008 (Nellemann, 2009, p 95). على الرغم من أن سوق الوقود الحيوي من بين الأسباب المؤثرة على حجم إنتاج و سعر المواد الغذائية ذات الاستهلاك الإنساني و الحيواني والطاقي، إلا أنها ليست السبب الوحيد، يضاف إلى ذلك الأسباب التالية: التزايد السكاني العالمي، تباطؤ وتيرة النمو العالمي، ارتفاع أسعار المحروقات، تراجع طلب الدول التي تشهد معدلات عائد مرتفع للفرد، تراجع مشاريع البحث التي تسعى لتطوير الزراعة، التغيرات المناخية المعاصرة، إلخ.

يشير معهد البحوث الدولي للسياسات الغذائية (IFPRI) أن الطلب على المنتجات الزراعية لإنتاج الوقود الحيوي (مادة الذرة في الولايات المتحدة، قصب السكر في البرازيل، والكويزا في أوروبا...) هو المسؤول و بنسبة 30% عن ارتفاع أسعار المواد الغذائية في السوق العالمي بين سنة 2000 و 2007، كما أنه المسؤول و بنسبة 40% عن ارتفاع سعر الذرة في نفس الفترة (Tirado et al, 2010, p 1739).

تشير الدراسات إلى العلاقة الوثيقة بين سعر البترول و سعر المواد الغذائية، نظرا للتدخل المباشر لمشتقات البترول في كل مراحل إنتاج المزروعات... إلى غاية وصولها لمستهلكها النهائي. حيث يتدخل البترول و مشتقاته المتمثلة في الأسمدة الكيميائية بهدف الرفع من حجم الإنتاج و الحماية من الأمراض، كما يتدخل في تشغيل المعدات المخصصة في جني المحصول ثم نقل المحصول من المنتج إلى المحول أو المستهلك. سنحاول من خلال الشكل الموالي ربط الصلة بين أسعار المواد الغذائية ذات الطلب العالمي الواسع و سعر البترول.

الشكل رقم (02): تفسير العلاقة بين تطور سعر البترول و أسعار المواد الغذائية ذات الاستهلاك العالمي الواسع في الفترة 2000-2008



*أسعار سنة الأساس هي أسعار سنة 1998.

Source: (Nellemann et al, 2009, p 99)

يمكن القول أن الطلب على المواد الزراعية ذات الاستهلاك الواسع من أجل إنتاج الوقود الحيوي هو من بين الأسباب المؤدية إلى ارتفاع سعر المواد الغذائية في السوق العالمي لكنه ليس هو السبب الوحيد، يبقى و أن أسعار المواد الغذائية تتأثر بصفة جلية بأسعار الطاقة المستهلكة في إنتاجها و كذا أسعار الطاقة المتولدة منها.

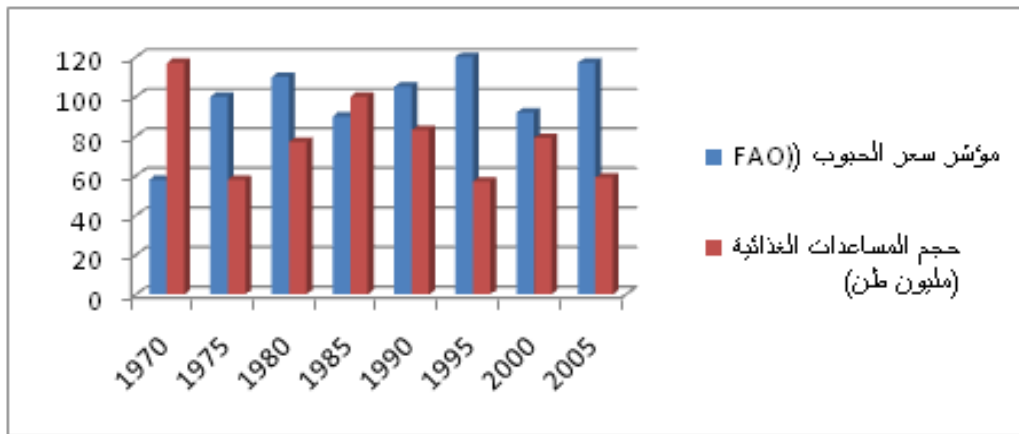
2.3. النتائج الاجتماعية لإنتاج و استهلاك البيوإيثانول:

تشير الدراسات و البحوث أن إنتاج الوقود الحيوي انطلاقا من المنتجات الزراعية ذات الاستهلاك الإنساني والحيواني الواسع يساهم في عدم تحقيق الأمن الغذائي العالمي، سوء التغذية و المجاعة في العالم.

من المعلوم أن العائلات ذات الدخل المحدود في الدول النامية توجه جل دخلها لتأمين الغذاء لأفراد عائلتها، علما أن الطلب على المواد الغذائية من أجل إنتاج الوقود الحيوي يساهم في الحد من عرض هذه المنتجات و من ثم ارتفاع أسعارها، و هو ما يؤدي إلى تخفيض هؤلاء من طلبهم على هذا النوع من المواد الغذائية ذات الاستهلاك الواسع و من ثم المعاناة من سوء التغذية.

تشير الدراسة التي قامت بها منظمة الغذاء و الزراعة العالمية (FAO) من أن المساعدات الغذائية للدول والمناطق المتضررة من الحروب، التصحر، الجفاف و المجاعة تتغير عكسيا مع أسعار المواد الغذائية، علما أن 80% سكان الكرة الأرضية يقطنون حاليا الدول النامية، و ستكون نسبتهم 85% بحلول سنة 2030 (FAO, 2005). علما أن المناطق التي تعتمد اعتمادا شبة كليا على الحبوب و التي تشهد سوء تغذية تتركز في الهند و جنوب الصحراء الإفريقية. والشكل الموالي يظهر هذه العلاقة.

الشكل رقم (03): تفسير العلاقة بين مؤشر المواد الغذائية الأساسية و حجم المساعدات الغذائية



Source: (FAO, 2008)

هناك سبب آخر للقلق من إنتاج الوقود الحيوي، يتمثل في الاستعمال المكثف للمياه لإنتاج المواد الزراعية ثم تقطيرها لإنتاج البيوإيثانول. على الرغم من أن البيوإيثانول يستهلك سوى 1.4% من المياه المستهلكة من طرف سكان الكرة الأرضية، بالمقابل 70% من المياه المستهلكة في الكرة الأرضية تخصص لسقي المزروعات، هذا ما يؤدي إلى دق ناقوس الخطر لاسيما في الدول محدودة مصادر المياه الصالحة للشرب.

هناك سبب آخر للخطر من مستقبل الوقود الحيوي؛ يتمثل عموما في استغلال الدول الغنية للحالة الاقتصادية المزرية للدول الفقيرة من أجل الاستيلاء على أراضيها الزراعية بداعي الاستثمار الزراعي و هو ما يسمى (Land grab). لقد حازت كوريا الجنوبية على 700 ألف هكتار في السودان، و حازت المملكة العربية السعودية 500 ألف هكتار في تنزانيا، كما حازت الهند على 350 ألف هكتار في بعض الدول الإفريقية. مجموع هذه المساحة التي تم حيازتها من طرف

الدول الثلاث يعادل المساحة المزروعة في دولة كبلجيكاً مثلاً. كما قامت الصين بحيازة 2.8 مليون هكتار في جمهورية الكونغو الديمقراطية بداعي إنتاج مزروعات مخصصة لإنتاج البيوايثانول (Von Braun et al, 2009, p 06).

3.3. النتائج البيئية لإنتاج و استهلاك البيوايثانول:

لإنتاج لتر واحد من الإيثانول يجب استهلاك 2.5 كلغ من الذرة أو 13.3 كغ من قصب السكر. من أجل تعويض كل الوقود التقليدي المستهلك من طرف الحظيرة العالمية لمعدات النقل يجب إنتاج 30 مليون برميل من البيوايثانول و 23 مليون برميل من البيوديزل يومياً، تحقيق ذلك يحتاج إلى 300 مليون هكتار من حقول قصب السكر و 590 مليون هكتار من حقول الذرة. إن تخصيص هذه المساحات المزروعة لإنتاج الوقود الحيوي كفيل بخلق اختلال بيئي يهدد كل الكائنات التي تعيش فوق الكرة الأرضية (Ajanovic, 2010, p 03).

من أجل تخصيص مساحات مزروعة جديدة لإنتاج الوقود الحيوي نحتاج إلى التضحية بمساحات غابية واسعة حيث يتم عموماً؛ قطع الأشجار، حرق النباتات، استعمال المبيدات لجعل هذه المساحات الغابية قابلة للزراعة. عملية حرق الغابات و النباتات ينتج عنها انبعاث كثيف لغازات مثل (CO , O_3 , CH_4 , NO_x , N_2O) و التي من المفروض يتم تفاديها من خلال التوجه للوقود الحيوي، كما أن الورشات المخصصة لإنتاج الوقود الحيوي لها مسؤولية كبيرة في انبعاث غاز NO_x (Goldemberg et al, 2008, p 2088). خلال الفترة من 1988 إلى 2009 تم القضاء على 17217 كلم² من المساحات الغابية في البرازيل من أجل تحويلها إلى مساحات مزروعة أو لرعي الحيوانات.

إن استعمال الأسمدة الكيميائية للرفع من مردود الأراضي الزراعية يؤدي إلى تلوث المسطحات المائية وكذا المياه الجوفية على المدى المتوسط و البعيد. إن تلوث المسطحات المائية من شأنه القضاء على بعض السلالات السمكية غير المقاومة للتلوث.

إن الزراعة المكثفة لنوع واحد من المزروعات على عدة مرات في السنة من أجل الرفع من الإنتاج، يؤدي لا محالة إلى إفقار التربة من بعض مكوناتها، و هذا ما تم الوقوف عليه في حقول قصب السكر في البرازيل من تراجع إنتاجية بعضها بسبب كثافة استغلالها.

4. التداعيات الاقتصادية، الاجتماعية و البيئية للتوسع في إنتاج و استهلاك البيوايثانول كوقود حيوي سائل:

على الرغم من السلبيات التي تم عرضها في المحور السابق المرتبطة عموماً بظروف إنتاج البيوايثانول إلا أنه يحمل إيجابيات عديدة لاسيما إذا كان من وراء ذلك احترام للشروط البيئية و الظروف الاجتماعية المرتبطة بإنتاجه، من بين الإيجابيات للتوسع في إنتاج البيوايثانول يمكن ذكر ما يلي:

- خلق مناصب شغل و رفع من دخل العائلات التي تعمل في القطاع؛
- استقطاب استثمارات أجنبية؛

- خلق تنمية محلية لاسيما في المناطق المعزولة؛
- نقل التكنولوجيا من مراكز بحث الدول المتطورة نحو البلدان النامية؛
- التحقيق الجزئي للأمن الطاقوي و التقليل من التبعية للطاقات الأحفورية؛
- تخفيض انبعاث الغازات السامة المنطلقة من حرق الوقود التقليدي؛
- تخفيض فاتورة الاستيراد و توجيه العملة الصعبة نحو قطاعات تنمية ومساعدات اجتماعية؛

لكن الواقع يقول عكس ذلك، فالتوسع في إنتاج الوقود الحيوي له آثار سلبية كثيرة، لاسيما حالة عدم احترام الشروط البيئية و الظروف الاجتماعية المرتبطة بإنتاجه، هذا ما سنحاول توضيحه فيما يلي:

1.4. النتائج الاقتصادية المرافقة للتوسع في إنتاج البيوإيثانول:

ترتبط مردودية إنتاج البيوإيثانول بمؤشرات أسعار برميل البترول في السوق العالمية، تشير أسعار سنة 2021 إلى أن متوسط سعر البرميل من البترول في تلك السنة بلغ 63.3\$/برميل، بالمقابل متوسط تكلفة إنتاج البرميل من البيوإيثانول في نفس السنة تراوح بين 30\$ و 35\$، كما يمكن أن يكون البيوإيثانول تنافسيا حالة تجاوز سعر برميل البترول عتبة 38\$/برميل. يتميز البيوإيثانول المنتج في البرازيل بقلّة تكلفته بالمقارنة مع ذلك المنتج في بقية دول العالم.

ما يعاب على البيوإيثانول المنتج في البرازيل أن عملية إنتاجه لا تراعى الشروط البيئية ولا تحترم الظروف الاقتصادية للعمال المسؤولين عن زرع، جني قصب السكر ثم تقطيره إلى كحول قابل للحرق. تشير الدراسات إلى أن مراعاة الشروط البيئية و الظروف الاجتماعية ينتج عنه تكاليف إضافية يتم من خلالها ارتفاع سعر اللتر من البيوإيثانول من 0.25\$/لتر إلى 0.42\$/لتر و ذلك بمراعاة الشروط التالية: إعادة استعمال فضلات قصب السكر، الرفع من أجور عمال الورشات، الرفع من أجور جني المحصول، منع تشغيل الأطفال القصر، استعمال آليات لتلافي فقر التربة، إلخ. (Smeets et al, 2008, p 790).

ما يعاب على التوسع في إنتاج البيوإيثانول هو اعتماده بشكل كبير على المنتجات الزراعية ذات الاستهلاك الإنساني و الحيواني الواسع (قصب السكر، الذرة، الصوجا، الكولزا، الشمندر، إلخ)، و هو ما يمثل حسب بعض المتشددین في أنه جريمة ضد الإنسانية، نظرا للحد من عرض الأغذية الأساسية لحياة الإنسان مساهمين في ارتفاع أسعارها و ما ينتج عنها من سوء تغذية، مجاعة... بنهاية سنة 2021 سيصبح عدد سكان الكرة الأرضية حوالي 7.9 مليار نسمة (ONU, 2019). هذا العدد الهائل من السكان يحتاج إلى رفع مردودية المساحات المزروعة من جهة، من جهة البحث عن أراض زراعية جديدة لتغطية الطلب العالمي الجديد (Hazell, 2006, p12). يضاف إلى كل هذا التوجه الاستهلاكي الجديد لسكان الكرة الأرضية نحو الأغذية المشبعة بالبروتينات، و هو ما يدفع بالدول المنتجة لاسيما للحوم الحمراء البحث عن مساحات رعوية جديدة لتغطية هذا النوع من الطلب.

2.4. النتائج الاجتماعية المرافقة للتوسع في إنتاج البيوإيثانول:

تعتمد عملية جني محصول قصب السكر في البرازيل أساساً على اليد العاملة البشرية الرخيصة خلال موسم محدد يمتد إلى 8 أشهر خلال السنة، تبقى أن الظروف التي يشتغل فيها هؤلاء لا تختلف عن أجدادهم العبيد قبل 200 سنة، كما أن مصدر هذه العمالة هو المناطق النائية و المعزولة التي تعاني من الفقر و التي لا تعطي لسكانها الكثير من الاختيارات لكسب قوتهم. وتشير الدراسات أن عملية جني المحصول يدويا لها خصائص عديدة تتمثل عموماً فيما يلي: (Rocha et al., 2007, p 739)

- يقوم العامل على جني ما متوسطه 2 إلى 3 طن من قصب السكر يومياً؛
- تتراوح درجة الحرارة بين 23 و 36 درجة مئوية في غالب الأحيان؛
- يقوم بجني المحصول عن طريق 70000 ضربة يومياً بواسطة آلة حادة؛
- المشي يومياً بما متوسطه 4.5 كلومتر في الحقول.

كما أن العامل ليس في منأى عن الصعوبات الصحية التي ترافق عملية الجني، لاسيما حالة التوسع في المنتجات الزراعية ضمن الحقول الشاسعة و التي يمكن ذكر أهمها فيما يلي: (Smeets et al., 2006, p 790)

- استنشاق الغبار و ما ينتج عنه من صعوبات في التنفس في سن متقدمة؛
- ضربات الشمس و الرطوبة العالية المؤدية إلى فقدان الوعي؛
- احتمال الإصابة بالسرطان المرتبط بالجهاز التنفسي، نظراً لعملية الحرق للتخلص من بقايا عملية جني المحصول؛
- الإصابة بالتسمم نظراً لاستعمال السماد الكيميائي لتغذية الأراضي الزراعية، في سنة 1998 تم إحصاء أكثر من 700 حالة تسمم و 17 حالة تسمم أدت إلى وفيات؛
- الموت المفاجئ؛ حيث تم إحصاء بين سنة 2004 و 2007 ما يقارب 18 حالة وفاة مفاجئة بسبب تلوث الهواء أثناء عملية الجني.

3.4. النتائج البيئية المرافقة للتوسع في إنتاج البيوإيثانول:

إن توسيع المساحات المزروعة من أجل تغطية الاحتياجات المحلية من الوقود الحيوي يحمل الكثير من الأخطار البيئية التي تؤثر على الإنسان، الحيوان و التوازن البيئي. تم قطع و حرق بين سنتي 2007 و 2009 ما يقارب 57000 كلم² من غابات الأمازون بغرض توسيع مساحات الرعي و المساحات المزروعة (Amaral et al, 2008, p 120). تشير الدراسات التي ركزت على الآثار البيئية والتنوع البيولوجي على المستوى المحلي و العالمي حالة التوسع في إنتاج البيوإيثانول في البرازيل إلى ما يلي: (SCDB, 2010)

- عملية حرق الأراضي بغرض جعلها صالحة للزراعة نتج عنها ارتفاع حرارة المنطقة و من ثم ساهمت في الاحتباس الحراري؛
- غياب الغطاء الغابي ساهم في ارتفاع منسوب المياه في المناطق الرطبة، ومن ثم تحديد حياة مئات الأنواع من السلالات الحيوانية و النباتية؛

- الانخفاض المستمر للأشجار كفيل بتعطيل رئة العالم و من ثم اختلال التوازن بين الأكسجين و غاز الكربون في الكرة الأرضية؛
- انخفاض محسوس في تساقط الأمطار بسبب انكماش مساحات المناطق الرطبة؛
- الاستعمال المكثف للأسمدة الكيميائية للرفع من إنتاجية الأراضي الزراعية ساهم في تسمم المسطحات المائية والمياه الجوفية، ما نتج عنه هو انقراض بعض المائيات و البرمائيات التي تعيش في المياه الحلوة؛
- الاستعمال المكثف لمياه السقي ساهم في انخفاض المياه الجوفية، و هو ما تم الوقوف عليه عند حفر الآبار لاسيما في بعض مناطق الولايات المتحدة، المكسيك و الصين.

5. خاتمة:

تم اختيار التجربة البرازيلية لقياس التكاليف الاقتصادية، الاجتماعية و البيئية نظرا لكونها رئة العالم بالإضافة إلى ما تحتويه غاباتها و مسطحاتها المائية من تنوع بيولوجي و آثارها على التوازن البيئي المحلي و العالمي هذا من جهة، من جهة أخرى بسبب الاهتمام المتزايد للدول النامية بالتجربة البرازيلية كتجربة ناجحة في إنتاج الوقود الحيوي انطلاقا من قصب السكر.

1.5. اختبار الفرضيات:

أثبتت النتائج أن إنتاج الوقود الحيوي انطلاقا من المنتجات الزراعية ذات الاستهلاك الإنساني والحيواني الواسع لها آثار سلبية عديدة من أهمها انخفاض عرض هذه المنتجات في السوق الدولي، و هو ما يؤدي إلى ارتفاع أسعارها و ما يصاحبه من انكماش القدرة الشرائية للطبقات الفقيرة.

كما أثبتت النتائج أن إنتاج البيوإيثانول في الدول النامية و التوسع في إنتاجه يعارض في غالب الأحيان قوانين العمل في تلك الدول، و هو ما يكرس الفقر في هذه الدول بالإضافة إلى تفشي الأمراض بين اليد العاملة في حقول وورشات إنتاج هذا النوع من الوقود.

أما من الناحية البيئية فقد أثبتت التجربة البرازيلية أن تحقيق الأمن الطاقوي يمر من خلال التضحية بالطبيعة والتوازن البيئي، و هو ما تم الوقوف عليه من طرف جل الدراسات و الأبحاث من خلال (تجفيف مصادر المياه، تلوث المياه الجوفية، إفقار التربة، القضاء على المساحات الغابية، انقراض بعض السلالات النباتية و الحيوانية...).

2.5. نتائج الدراسة:

على الرغم من النتائج الإيجابية التي تكتنف استعمال الوقود الحيوي لاسيما من ناحية الحد من الغازات السامة ومن ثم التقليل من الاحتباس الحراري الذي يعتبر المسبب الرئيسي في التغيرات المناخية التي نشاهدها في السنوات الأخيرة، إلا أن لإنتاج هذا النوع من الوقود نتائج سلبية كثيرة لاسيما على الدولة المنتجة له على نطاق واسع كالولايات المتحدة والبرازيل...

إن من أهم ما تم التوصل إليه أن الأسعار التنافسية لإنتاج البيوإيثانول البرازيلي لم تأخذ بعين الاعتبار كل التكاليف الناتجة عن إنتاج هذا النوع من الوقود، بالمقابل دمج التكاليف البيئية و الاجتماعية إلى التكاليف الاقتصادية قد يجعل من سعر إنتاج اللتر من البيوإيثانول غير تنافسي بالمقارنة مع الوقود التقليدي.

3.5 التوصيات:

إن السلبات العديدة التي تكتنف إنتاج الوقود الحيوي قد ساهم في:

- انطلاق أبحاث حول إنتاج هذا النوع من الوقود الحيوي من الجيل الثاني انطلاقا من الفضلات المنزلية، الفضلات الزراعية، الشحوم الحيوانية و بعض النباتات غير المستهلكة من طرف الإنسان، يبقى و أن الإنتاج الزراعي و على نطاق واسع له آثار سلبية لاسيما على البيئة.
- التفكير حاليا في إنتاج البيوإيثانول من الجيل الثالث و ذلك من مصادر غير نباتية أو حيوانية تتمثل في الطحالب البحرية، التي ليس لها تأثيرا مباشرا على استهلاك الإنسان و البيئة في الوقت الحالي. مثل هذه الأبحاث من شأنها الحد من سلبات الوقود الحيوي بالموازاة مع التحقيق الجزئي للأمن الطاقوي خارج مصادر الطاقة الاستخراجية.
- إمكانية التغلب على الآثار الاجتماعية السلبية من خلال احترام قوانين العمل المحلية، المتابعة الطبية المفتوحة للعمال و ذويهم...
- إمكانية تحسين الظروف البيئية من خلال تدخل الدولة لوضع قوانين صارمة لحماية توازنها البيولوجي و العمل الجاد و المستمر على احترامها.

6. قائمة المراجع:

1.6. قائمة المراجع باللغة الأجنبية:

Articles:

- Amaral W.A.N et al, (2008), Environmental sustainability of sugarcane ethanol in Brazil. Dans Sugarcane Ethanol Contributions to Climate Change Mitigation and the Environment, éd. (Wageningen : Wageningen Academic Publishers), pp. 113-138.
- Faaij. A et al, (2008), Demand for bioethanol for transport. Dans Sugarcane Ethanol Contributions to Climate Change Mitigation and the Environment, éd. (Wageningen: Wageningen Academic Publishers), pp. 139-157.
- Goldemberg. J et al, (2008), The sustainability of ethanol production from sugarcane, Energy Policy 36, 2086-2097.
- Hazell. P, (2006), Developing bioenergy: A win-win approach that can serve the poor and the environment, Dans Bioenergy and Agriculture: Promises and Challenges – Focus 14, P. Hazell and R.K. Pachauri, éd. (Washington : International Food Policy Research Institute), Brief 12 de 12.
- Lalue. C, (1991), Current Aspects of Fuel Ethanol Production in Brazil, Crit. Rev. Biotechnol. 11, 149-161.
- Leite R.C.C et al, (2009), Can Brazil replace 5% of the 2025 gasoline world demand with ethanol? Energy Policy 34, 655-661.

- Martinell L.A. et Filoso. S, (2008), Expansion of sugarcane ethanol production in Brazil: environmental and social challenges, Ecol. Appl. 18, 885-898.
- Martines-Filho. J et al, (2006), Bioenergy and the rise of sugarcane-based ethanol in Brazil, Choices 21, 91-96.
- Matsuoka. S et al, (2009), The Brazilian experience of sugarcane ethanol industry, In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant 45, 372-381.
- Nass L.L et al, (2007), Biofuels in Brazil: An Overview. Crop Sci. 47, 2228-2237.
- Rocha F.L.R et al, (2007), Poverty as a predisposing factor of illness tendencies in sugar cane workers. Rev. Latino-am. Enfermagem 15, 736-741.
- Rosillo-Calle. F et Cortez L.A.B, (1998), Towards proalcool II – A review of the Brazilian bioethanol programme, Biomass Bioenergy 14, 115-124.
- Smeets. E et al, (2008), The sustainability of Brazilian ethanol – An assessment of the possibilities of certified production, Biomass Bioenergy 32, 781-813.
- Tirado M.C et al, (2010), Addressing the challenges of climate change and biofuel production for food and nutrition security, Food Research International 43, pp. 1729–1744.
- Von Braun. J. et al, (2009), “Land Grabbing” by Foreign Investors in Developing Countries: Risks and Opportunities, Washington, D.C., International Food Policy Research Institute (IFPRI), 9 p.
- Walter. A et al, (2008). Perspectives on fuel ethanol consumption and trade, Biomass Bioenergy 32, 730-748.
- Zuurbier. P et van de Vooren. J, (2008), Introduction to sugarcane ethanol contributions to climate change mitigation and the environment, Dans Sugarcane Ethanol Contributions to Climate Change Mitigation and the Environment, éd. (Wageningen : Wageningen Academic Publishers), pp. 19-27

Rapports:

- FAO (Food and Agriculture Organization), (2008), La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture – Biocarburants : perspectives, risques et opportunités. (Rome : FAO).
- Nellemann. C et al, (2009), The environmental food crisis – The environment's role in averting future food crises. A UNEP rapid response assessment, Arendal, United Nations Environment Program/GRID-Arendal, 104 p.
- ONU (Organisation des Nations Unies), (2011), Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat, World Population.
- PNUE (Programme des Nations Unies pour l'environnement). (2009). Towards sustainable production and use of resources: assessing biofuels, (Nairobi: PNUE). 102
- RFA (Renewable Fuels Agency). (2008). The Gallagher review of the indirect effects of biofuel production, (Londres : RFA).

Sites Internet:

- Ajanovic, A, (2010), Biofuels versus food production: Does biofuels production increase food prices? Energy, [En ligne] URL : http://www.eeg.tuwien.ac.at/eeg.tuwien.ac.at_pages/publications/pdf/AJA_PAP_2010_3.pdf, Consulté le 30 janvier 2011.
- FAO (Food and Agriculture Organization), (2005), Summary of World Food and Agricultural Statistics, Food and Agriculture Organization of the United Nations. [En ligne] URL : [http://www.envedu.gr/Documents/World %20Food %20and %20Agricultural %20Statistics %20 %202005.pdf](http://www.envedu.gr/Documents/World%20Food%20and%20Agricultural%20Statistics%20%202005.pdf), Consulté le 2 octobre 2009.

-
- Michellon. E et al, (2008), Breve Descrição do Proálcool e Perspectivas Futuras para o Etanol Produzido no Brasil, Résumé de conférence présenté lors du 46e congrès de la Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia, 20 au 23 juillet 2008. Rio Branco, Brésil, SOBER. <http://www.sober.org.br/palestra/9/574.pdf>. 15 février 2009.
 - SCDB (Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique). (2010). Troisième édition des Perspectives mondiales de la diversité biologique. <http://www.cbd.int/doc/publications/gbo/gbo3-final-fr.pdf>. 28 september 2014.
 - SCDB (Convention sur la diversité biologique), (2010), Profil de pays, Brésil. <http://www.cbd.int/countries/profile.shtml?country=br#status>. 20 septembre 2014.