الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد خيضر -بسكرة
كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير
قسم العلوم الاقتصادية

Université Mohamed KHIDER –Biskra
Faculté des Sciences Économiques, Commerciales et des Sciences De gestion
Département des Sciences Economique

الموضوع:

تأثير تطور انتاج الوقود الحيوي على الامن الغذائي
دراسة حالة البرازيل
خلال الفترة 2003-2023

مذكرة تخرج ضمن متطلبات نيل شهادة الماستر في العلوم الاقتصادية

تخصص: اقتصاد دولي

من اعداد الطالبين:
آية عمران
محمد علي كاسوسي

تحت اشراف الأستاذة:
أ د أمال رحمان

لجنة المناقشة

أعضاء الجنة	الرتبة	الصفة	الجامعة
- د/ عديسة شهرة	- أستاذ محاضر (أ)	رئيسا	بسكرة
- أ.د/ رحمان امال	- أستاذ	مشرفا	بسكرة
- د/ دبابش رفيعة	- أستاذ محاضر (أ)	مناقشا	بسكرة

السنة الجامعية: 2024/2023

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

inistère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد خيضر -بسكرة

كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير

قسم العلوم الاقتصادية

Université Mohamed KHIDER –Biskra

Faculté des Sciences Économiques,

Commerciales et des Sciences De gestion

Département des Sciences Economique

الموضوع:

تأثير تطور انتاج الوقود الحيوي على الامن الغذائي

دراسة حالة البرازيل

خلال الفترة 2003-2023

مذكرة تخرج ضمن متطلبات نيل شهادة الماستر في العلوم الاقتصادية

التخصص: اقتصاد دولي

من اعداد الطالبين:

آية عمران

محمد علي كاسوسي

تحت اشراف الأستاذة:

أ د أمال رحمان

لجنة المناقشة

أعضاء الجنة	الرتبة	الصفة	الجامعة
- د/ عديسة شهرة	- أستاذ محاضر (أ)	رئيسا	بسكرة
- أ.د/ رحمان امال	- أستاذ	مشرفا	بسكرة
- د/ دبابش رفيعة	- أستاذ محاضر (أ)	مناقشا	بسكرة

السنة الجامعية: 2024/2023

بسم الله الرحمن الرحيم

الاهداء

مرت قاطرة البحث بكثير من العوائق، ومع ذلك حاولت
ان اختاطاها بثبات بفضل من الله ومنه،

ابي الحبيب وامي الغالية واخوتي الأعزاء، لا يمكن ان
أنسى دعمكم لي وما قدمتموه من أجلى فلكم مني كل
الحب، ومهما قلت في حقكم من كلمات الشكر
والتقدير فإنني لن امنحكم ما تستحقونه

اهدي لكم بحث تخرجي

داعيا المولى عز وجل ان يطيل في اعماركم، ويرزقكم
بالخيرات

آية عمران

الشكر

إني اشكر الله وافر الشكر على توفيقه لي واعانتي على إتمام رسالتي العلمية

كما انني أقدم أسمى آيات الشكر والعرفان بالجميل لأستاذتي الدكتورة امال رحمان التي تفضلت بقبول الاشراف على رسالة الماستر، والتي منحتني من وقتها الثمين ومن بحر معلوماتها وخبراتها الواسعة ما شكل إضافة كبيرة للعمل البحثي، حيث كانت توجيهاتها ونصائحها المنارة التي استعنت بها في كامل عملي البحثي، فأسال الله عز وجل ان يجازيها خير الجزاء

كما أتوجه بالشكر والتقدير على قبول مناقشة رسالة الماستر لكل أعضاء اللجنة الكريمة

ملخص:

شهد نمو كبير وسريع في انتاج الوقود الحيوي كان له تأثير كبير على الاقتصاد العالمي، كحيث أدى الدعم الكبير الى زيادة الطلب على المحاصيل الغذائية المستخدمة في انتاج الوقود الحيوي، مما أسفر عن ارتفاع أسعار المواد الغذائية الأساسية، هذا الوضع اثار اهتما العديد من الهيئات الدولية والجهات البحثية لدراسة تأثير هذا النمو على الزراعة والامن الغذائي العالمي.

يهدف هذا البحث الى دراسة تأثير تحويل المحاصيل الزراعية لإنتاج الوقود على توفر وأسعار المواد الغذائية، مما قد يؤثر سلبا على القدرة الشرائية للأفراد، كما تسعى الى تحليل الاستدامة البيئية لإنتاج الوقود الحيوي بما في ذلك استخدام الأراضي والمياه والتوسع البيولوجي، وتقديم توصيات بشأن السياسات التي توازن بين تطوير مصادر الطاقة البديلة والحفاظ على الامن الغذائي، كما تهتم الدراسة باستكشاف بدائل مستدامة لإنتاج الوقود الحيوي مثل استخدام المخلفات.

تم استخدام المنهج الوصفي التحليلي حيث تطرقنا في بداية بحثنا الى التعرف على الوقود الحيوي والامن الغذائي، ثم قمنا بتحليل العلاقة بين كل منهما من خلال تأثير انتاج الوقود الحيوي على ابعاد الامن الغذائي، إضافة الى استخدام نفس المنهج من خلال دراسة حالة البرازيل خلال فترة 2003-2023.

لخصت الدراسة ان زيادة انتاج الوقود الحيوي يعزز النمو الاقتصادي ويوفر فرص عمل في المناطق الريفية، لكنه يرفع أسعار المواد الغذائية ويقلل من الأراضي المخصصة للزراعة الغذائية، مما يؤثر سلبا على الامن الغذائي خصوصا للفئات الفقيرة والبيئة تتأثر كذلك، حيث يتطلب انتاج الوقود الحيوي كميات كبيرة من الموارد الطبيعية ويؤدي الى تحويل الغابات والأراضي الطبيعية الى أراضي زراعية، مما يسبب فقدان التنوع البيولوجي وتدهور النظم البيئية لتحقيق توازن بين هذه العوامل تحتاج البرازيل الى سياسات متوازنة تدعم الابتكار في انتاج الوقود الحيوي من مصادر غير غذائية وتعزز التنويع الزراعي، وتقدم الدعم لصغار المزارعين، وافضل الممارسات في تحقيق التوازن بين انتاج الوقود الحيوي والامن الغذائي، والانخراط في الاتفاقيات الدولية لضمان الاستدامة البيئية والاجتماعية، هذه الاستراتيجية المتكاملة ستمكن البرازيل من تعزيز انتاج الوقود الحيوي بطرق مستدامة، مع الحفاظ على الامن الغذائي وحماية البيئة مما يساعد في تحقيق التنمية المستدامة.

الكلمات المفتاحية: وقود الحيوي، أمن غذائي، أمن طاقة، البرازيل، وفرة الغذاء، سياسات حكومية.

ABSTRACT:

The significant and rapid growth in biofuel production has had a substantial impact on the global economy. The substantial support has led to an increased demand for food crops used in biofuel production, resulting in higher prices for basic commodities. This situation has prompted many international organizations and research entities to study the impact of this growth on agriculture and high food security.

This research aims to study the impact of converting agricultural crops for fuel production on the availability and prices of foodstuffs, which may negatively effect individual's purchasing power. It also seeks to analyze the environmental sustainability of biofuel production, including land and water use, and biological expansion, and to provide policy recommendations that balance the development of alternative energy sources with maintaining food security. The study concludes by exploring sustainable methods of biofuel production, such as using waste materials.

The descriptive-analytical method was used, beginning with an introduction to biofuels and food security. Followed by an analysis of the relationship between them through the impact of biofuel production on food security dimensions. The same method was applied by studying the case of Brazil during the period from 2003-2023.

The study concluded that increased biofuel production boosts economic growth and provides job opportunities in rural areas, but it raises food prices and reduces the land available for food agriculture, negatively impacting food security, especially for poor populations. The environment is also affected, as biofuel production requires large amounts of natural resources and leads to the conversion of forests and natural lands into agricultural lands, causing biodiversity loss and ecosystem degradation. To balance these factors, Brazil needs balanced policies that support innovation in non-food biofuel production and promote agricultural diversification, provide support to small farmers, and implement best practices to achieve a balance between biofuel production and food security. Engaging in international agreements to ensure environmental and social sustainability is also crucial. This integrated strategy will enable Brazil to promote biofuel production sustainably while maintaining food security and protecting the environment, helping to achieve sustainable development.

Keywords: biofuels, food security, energy security, Brazil, food abundance, government policies.

الفهرس:

الاهداء	V
الشكر	VI
ملخص بالغة العربية	VII
ملخص بالغة الإنجليزية	VIII
الفهرس	IX
قائمة الجداول	X
قائمة الأشكال والرسوم البيانية	XI
مقدمة	أ
الفصل الأول: المفاهيم النظرية والعلاقة بين الوقود الحيوي والامن الغذائي	01
تمهيد	02
المبحث الأول: ماهية الوقود الحيوي	03
المطلب الأول: مفهوم وتاريخ تطوير الوقود الحيوي	03
المطلب الثاني: أنواع الوقود الحيوي واستخداماته	06
المطلب الثالث: اهم المنتجين والمستهلكين للوقود الحيوي عاميا	10
المطلب الرابع: السياسات الحكومية والتنظيمية المؤثرة في تطور صناعة الوقود الحيوي	14
المطلب الخامس: كفاءة الوقود الحيوي كمصدر للطاقات المتجددة	17
المطلب السادس: آفاق استخدام الكتلة الحية كطاقة متجددة	19
المبحث الثاني: ماهية الامن الغذائي	21
المطلب الأول: مفهوم الامن الغذائي	21
المطلب الثاني: العوامل المؤثرة في الامن الغذائي	22
المطلب الثالث: مؤشرات الامن الغذائي	25
المطلب الرابع: التحولات في نمط الإنتاج الزراعي وتأثيرها على الامن الغذائي	27
المطلب الخامس: التدخلات الحكومية والسياسات العامة لتوفير الامن الغذائي	29
المطلب السادس: التحديات المشتركة والفرص في مجال الوقود الحيوي والامن الغذائي	31
المبحث الثالث: العلاقة بين انتاج الوقود الحيوي وتوفر المواد الغذائية وامنها	33
المطلب الأول: تأثير زيادة انتاج الوقود على الإنتاج الزراعي	33
المطلب الثاني: تأثير تطور صناعة الوقود الحيوي على جودة التربة والمياه والهواء	34
المطلب الثالث: تأثير تطور الوقود الحيوي على انبعاثات الغازات الدفيئة	35
المطلب الرابع: توزيع الموارد بين انتاج الوقود الحيوي والإنتاج الغذائي	36
المطلب الخامس: التحديات المواجهة لتحقيق التوازن بين انتاج الوقود الحيوي وتوفر الامن الغذائي	39
خلاصة الفصل	42
الفصل الثاني: دراسة حالة البرازيل لتطور انتاج الوقود الحيوي وأثره على الامن الغذائي خلال فترة 2003-2023	43
تمهيد	44
المبحث الأول: تطور صناعة الوقود الحيوي في البرازيل منذ عام 2003 الى غاية 2023	45
المطلب الأول: تطور سوق الوقود الحيوي في البرازيل	45
المطلب الثاني: تطور تقنيات انتاج الوقود الحيوي في البرازيل	48
المطلب الثالث: تطور السياسات الحكومية للوقود الحيوي في البرازيل	51
المبحث الثاني: تأثير زيادة انتاج الوقود الحيوي على المواد الغذائية في السوق البرازيلية	55
المطلب الأول: تأثير انتاج الوقود الحيوي على وفرة المواد الغذائية	55

المطلب الثاني: تأثير سعر الوقود الحيوي على سعر الغذاء	62
المطلب الثالث: تأثيرات الوقود الحيوي على جودة الأغذية	64
المبحث الثالث: أثر السياسات الغذائية والامن الغذائي على التنمية المستدامة وآفاق الوقود الحيوي في البرازيل	66
المطلب الأول: تأثير السياسة الغذائية والتوعية على السلوك الانفاقي	66
المطلب الثاني: تأثير الامن الغذائي والتغذية على التنمية المستدامة	69
المطلب الثالث: التوقعات المستقبلية للوقود الحيوي في البرازيل	73
خلاصة الفصل	74
الخاتمة	75
قائمة المراجع	80

قائمة الجداول

رقم الجدول	العنوان	الصفحة
01	إحصائيات إجمالي إمدادات الوقود الحيوي في البرازيل	47
02	مرافق إنتاج الوقود الحيوي المتقدمة في البرازيل	50
03	تطور سياسات الوقود الحيوي و الصناعة في البرازيل منذ عشرينيات القرن العشرين	51
04	وكالات التمويل التي تدعم تطوير الوقود الحيوي في البرازيل	53
05	البرامج الرئيسية التي تدعم تطوير الوقود الحيوي في البرازيل	54
06	إحصائيات تطور إنتاج الوقود الحيوي المحلي في البرازيل	55
07	إحصائيات لكميات إنتاج المواد الأولية المستعملة لإنتاج الوقود الحيوي في البرازيل	56
08	إحصائيات للمساحات المحصودة من قصب السكر في البرازيل	58
09	أسعار وقود الإيثانول المائي -ولاية ساوباولو	64
10	أسعار وقود الإيثانول اللامائي -ولاية ساوباولو	64

قائمة الأشكال والرسوم البيانية

رقم الشكل	العنوان	الصفحة
01	حجم سوق الوقود الحيوي في البرازيل	46
02	منحنى إجمالي إمدادات الوقود الحيوي في البرازيل	47
03	مخطط يوضح عملية انتاج ايثانول الذرة في البرازيل	49
04	منحنى تطور إنتاج الوقود الحيوي في البرازيل	55
05	منحنى لكمية انتاج المواد الأولية المستعملة في انتاج الوقود الحيوي في البرازيل	58
06	منحنى يوضح الساحة المحصودة من قصب السكر في البرازيل	58
07	احصائيات لكميات انتاج المواد الأولية المستعملة لإنتاج الوقود الحيوي في البرازيل	56
08	خريطة توزيع محطات وقود الديزل الحيوي في البرازيل	62

المقدمة

يتزايد الطلب على الوقود الحيوي بسبب مجموعة من الاحتياجات المتزايدة للطاقة، وارتفاع تكاليف النفط، والسعي وراء مصادر الطاقة النظيفة والمتجددة، والرغبة في زيادة الدخل الزراعي في البلدان المتقدمة، وفي المقابل تزايدت بشكل كبير الحاجة الى محاصيل مثل الذرة وقصب السكر لاستخدامها كمواد أولية للوقود الحيوي وكان لهذا الطلب تأثير كبير ومتزايد على النظم الغذائية العالمية. وتتشابك تأثيرات الطلب المتزايد على الوقود الحيوي مع تضييق أسواق الحبوب، وهو ما يعكس التحولات الديموغرافية وتحسين النظم الغذائية.

تتزايد تأثيرات الامن الغذائي الناتجة عن زيادة الطلب على الوقود الحيوي بسبب المنافسة على الأراضي و المياه والعمالة وعمليات إعادة الإنتاج الأخرى، مما قد يكون له تأثير سلبي على انتاج وأسعار المنتجات الغذائية، أدى ارتفاع أسعار الغذاء العالمية في الفترة 2007-2006 الى اثارة الجدل حول الغذاء مقابل الوقود، و يعتقد ان الطلب المتزايد على مخزون الطاقة الحيوية قد ساهم بشكل كبير في ارتفاع الأسعار في أسواق الغذاء العالمية، تؤثر الزيادة في أسعار الغذاء العالمية سلبا على إمكانية الحصول على الغذاء، خاصة في البلدان المستوردة للأغذية و الاسر ذات الدخل المنخفض.

في المقابل هناك أيضا تأثيرات إيجابية لإنتاج الطاقة الحيوية على الامن الغذائي، كما وجد ان توافر الغذاء والوصول اليه يزداد في المناطق التي لديها انتاج إضافي للطاقة الحيوية، و يمكن لاستثمارات الطاقة الحيوية ان تزيد فرص العمل وترفع الدخل الريفي وتثبته، وتكون بمثابة حاجز مالي للأسر لذلك يمكن لهذه الاستثمارات ان تساهم في زيادة توافر الغذاء و الحصول عليه يمكن ان تؤدي الزيادة في أسعار المواد الغذائية العالمية بسبب انتاج الطاقة الحيوية الى ارتفاع دخل المزارعين وبالتالي زيادة إمكانية الوصول الى الغذاء بالنسبة للمنتجين الصافيين، يمكن ان يؤدي انتشار التكنولوجيا من انتاج المحاصيل النقدية أيضا الى زيادة إنتاجية المحاصيل الغذائية، وبالتالي زيادة توافر الغذاء علاوة على ذلك، يمكن للطاقة الحيوية ان تساهم في امن الطاقة ويمكن ان تقلل من تقلب أسعار الطاقة. يؤثر هذا بشكل إيجابي على جوانب الاستخدام والاستقرار للأمن الغذائي، حيث يؤدي تحسين امن الطاقة الى تعزيز تخزين وطهي الطعام بشكل موثوق.

يطرح تحليل العلاقة بين الوقود الحيوي والامن الغذائي تأثير هذا النوع من الطاقة على الغذاء، حي اتجهت بعض الدول الى زراعة واستخدام أنواع معينة من النباتات والمحاصيل الزراعية في مجال انتاج الوقود الحيوي، منها قصب السكر والذرة وفول الصويا وزيت النخيل وغيرها، وتحويلها الى وقود نظيف قابل للاستخدام في مختلف مجالات الحياة اليومية، ويخفف من تبعية اقتصاداتها لمختلف مصادر الوقود الاحفوري غير النظيفة وذات التكلفة المرتفعة.

في بداية القرن الحالي، شهدت البرازيل تطورا كبيرا في انتاج واستخدام الوقود الحيوي، مدفوع بالبرامج الطموحة التي أطلقتها الحكومة البرازيلية، حيث تميزت سياسة البرازيل بدعم حكومي كبير لإنتاج واستهلاك بهدف تقليل الاعتماد على الطاقة التقليدية، ومواجهة التغيرات المناخية، وخلق فرص جديدة لتنمية القطاع الزراعي، حيث اعتمدت البرازيل بشكل كبير على انتاج الايثانول من قصب السكر، ما جعلها واحدة من أكبر منتجي الوقود الحيوي في العالم.

إشكالية الدراسة:

تتمثل العلاقة بين انتاج الوقود الحيوي والامن الغذائي في تأثيرات متبادلة ومعقدة حيث يمكن ان يعزز كل منهما او يقوض الاخر وبالتالي من خلال هذه الدراسة سندرس ذلك من خلال محاولة الإجابة عن الإشكالية التالية:

ما مدى مساهمة انتاج الوقود الحيوي في تحقيق الامن الغذائي في البرازيل؟

من اجل معالجة وتحليل هذه الإشكالية وبغية الوصول الى فهم واضح لها، تم طرح الأسئلة الفرعية التالية:

- كيف تؤثر السياسات الحكومية على صناعة الوقود وتوفير الامن الغذائي؟
- ماهي اثار صناعة الوقود الحيوي البيئة؟
- كيف أثر انتاج الوقود الحيوي البرازيلي على وفرة الغذاء؟
- ماهي العلاقة بين اسعار الوقود الحيوي وأسعار الغذاء؟

الدراسات السابقة:

- **أطروحة دكتوراه للباحث: فاتح بن نونة، سنة: 2015–2016، بعنوان: أثر التوسع في انتاج الوقود الحيوي في قطاع النقل عالميا على التنمية الزراعية والامن الغذائي في الدول النامية دراسة حالة انتاج الوقود الحيوي في الولايات المتحدة الامريكية والاتحاد الأوروبي 2004–2013، لجامعة قاصدي مرباح بولاية ورقلة –الجزائر**

هدفت هذه الدراسة تحليل علاقة ارتباط الطاقة وأسواق السلع الزراعية وأثر الوقود الحيوي على تعميق هذه العلاقة، وتوضيح إمكانيات مساهمة الوقود الحيوي في تنمية القطاع الزراعي والفرص التي يتيحها للاستفادة من نمو الأسواق والانعكاسات على ابعاد الامن الغذائي بالنسبة للدول النامية. حيث اتبع الباحث في هذه الدراسة المنهج الوصفي، والاحصائي، والقياسي.

من اهم نتائج هذه الدراسة: يرتبط تحقيق الامن الطاقوي او الامن الغذائي بتنمية الإنتاج المحلي بالدرجة الأولى مع ان الاعتماد المتبادل بين اقتصادات دول العالم يبقى سمة مميزة للاقتصاد العالمي، تأثير الوقود الحيوي لا يتوقف عند حدود المحاصيل الزراعية المستخدمة في انتاجه، وانما يتعداها ليشمل أسواق معظم السلع الزراعية الأساسية عن طريق أثر الإحلال ما بين المحاصيل او عن طريق منافسة المحاصيل الأخرى على موارد الإنتاج الزراعي من الأراضي والمياه.

لقد اعننا هذا المرجع على فهم والتعرف على الوقود الحيوي والعلاقة التي تربطه بالزراعة وأسواقها وكيف يكون تأثير استخدام محاصيل زراعية في انتاج الوقود الحيوي على الامن الغذائي، وهو ما سنتطرق اليه في موضوعنا لكن في فترة مختلفة وحديثة كما دراسة حالة لدولة رائدة ثل البرازيل في جال الوقود الحيوي والتي تحتل الرتبة الثانية عاليا بعد الولايات المتحدة.

- **أطروحة دكتوراه للباحث: جغري بلال، سنة: 2018–2019، بعنوان: الوقود الحيوي بين القيد الطاقوي والقيد الغذائي الدروس المستفادة من التجارب الدولية، لجامعة عبد الحميد مهري قسنطينة2 – الجزائر**

هدفت هذه الدراسة الى تسليط الضوء على أثر انتاج الوقود الحيوي على القطاع الزراعي مع دراسة تجارب بعض الدول الرائدة في مجال الوقود الحيوي وإبراز اهم الدروس المستفادة من هذه التجارب، اتبع الباحث في هذه الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، والمنهج التاريخي، والمنهج الاستقرائي، والمنهج التقويمي.

من اهم نتائج هذه الدراسة: يربط قطاع الوقود الحيوي بين أسواق الأغذية وأسواق الطاقة، غير ان طبيعة هذا الارتباط وما ينتج عنه من أثر على الأسعار تختلف في المدى القصير على المدى الطويل، كما ان قوة هذا الارتباط تختلف باختلاف نوع الوقود الحيوي ومواده الأولية.

أوضح لنا هذا المرجع ماهية الرابطة بين امن الطاقة والامن الغذائي، وذلك من خلال التعرف على العديد من جوانب هذين الأخيرين، كما اطلعنا على تجارب بعض الدول مما أثري معلوماتنا حول الموضوع، حيث توسع من خلال ذلك في موضوعنا عن تجربة البرازيل التي تعتبر من اهم التجارب الناجحة في الجال وربطناها بشكل خاص بالأمن الغذائي البرازيلي.

- **دراسة للباحثين: بوكرة كميلية، عبد الوهاب شمام، سنة: 30 ديسمبر 2016، بعنوان: طاقة الكتلة الحيوية بين إشكالية الامن الطاقوي ومعضلة ارتفاع أسعار الغذاء، مجلة رؤى اقتصادية جامعة الشهيد حمه لخضر، الوادي– الجزائر، العدد 11.**

هدفت هذه الدراسة الى ابراز الكتلة الحيوية كمصدر للطاقة ضمن المصادر المتجددة وضمن المصادر الأخرى، ابراز اهم القضايا التي يطرحها الاعتماد على الكتلة الحيوية واهمها اشتباك ملف الغذاء وملف الطاقة وكذا ما يطرحه ذلك من قضايا بيئية يمكن لها ان تكون خطيرة، اتبع الباحثين في هذه الدراسة المنهج الوصفي التحليل، والمنهج الاحصائي.

من اهم هذه النتائج هذه الدراسة: يعتمد تطور الوقود الحيوي على مدى قدرة على تطوير كفاءة الإنتاج من الجيلين الثالث والرابع من الوقود الحيوي، يظل الاعتماد على الوقود الحيوي رهينا لتدني تكلفة الإنتاج، قد ترتفع نجاعة الوقود الحيوي بيئيا اذا تم اعتماد انتاجه من النفايات المنزلية والفضلات الحيوانية، فيما قد يتسبب بمضار بيئية خطيرة اذا اعتمد على مواد غذائية او علفية او منتجات غذائية.

تعرفنا في هذا المرجع على كيفية تحقيق امن طاقوي من خلال اللجوء الى بدائل لتفادي معضلة ارتفاع أسعار الغذاء، وهو ما يتعلق بموضوع دراستنا الا اننا تطرقنا لما أكثر من ذلك من ابعاد الامن الغذائي مثل الوفرة و الجودة، كما تعرفنا على تطور السوق البرازيلية للوقود الحيوي.

فرضيات الدراسة:

للإجابة عن الأسئلة المطروحة السابقة ومن ثم الإجابة على إشكالية الدراسة تمت صياغة الفرضيات التالية:

- ان السياسات الحكومية تعمل على تطور صناعة الوقود الحيوي بشكل مستدام وأيضا تعمل في نفس الوقت على تحقيق الامن الغذائي بالتوازي مع ذلك.
- تؤثر صناعة الوقود الحيوي على تلوث الهواء وتستنزف موارد المياه بسبب الاستخدام المفرط، لكنها قد تساهم في زيادة خصوبة التربة.
- انتاج الوقود الحيوي البرازيلي يؤدي الى التنافس على الأراضي الزراعية مما يهدد وفرة الغذاء.
- العلاقة طردية بين أسعار الوقود الحيوي وأسعار الغذاء حيث بارتفاع أسعار الوقود الحيوي ترتفع أسعار الغذاء.

منهجية الدراسة:

في إطار هذا البحث ومن اجل معالجة إشكالية موضوع الدراسة تم الاعتماد على المنهج الوصفي التحليلي، وذلك من خلال تقديم وصف تحليل لتطورات انتاج الوقود الحيوي وأيضا الامن الغذائي عالميا ثم قمنا من خلال هذا المنهج بتحليل العلاقة بين

تطور انتاج الوقود الحيوي كطاقة متجددة ومدى تأثيرها على القطاع الزراعي والامن الغذائي كما ذكرنا السياسات الداعمة لتطورهما، وقد تم الاعتماد على التحليل في معالجة الفصل التطبيقي من خلال تحليل المنحنيات البيانية والاعمدة البيانية والجداول الإحصائية.

أهمية الدراسة:

تكمن أهمية هذه الدراسة في انها لا تركز على تطور انتاج الطاقة الحيوية والتي تمثل من اهم طرق انتاج الطاقة المتجددة التي يسعى اليها العالم لتحقيق امن طاقوي وأيضا تحقيق تنمية مستدامة، بلي تسعى الدراسة أيضا لربط الطاقة الحيوية بتحقيق امن غذائي وذلك نظرا لعلاقة كل منهما بالأخر، حيث تكمن دراستنا في فهم التوازن بين تلبية احتياجات الطاقة المتجددة المتمثلة في الوقود الحيوي وضمان توافر الغذاء بأسعار معقولة، مما يساعد في صياغة سياسات متكاملة تحقق التنمية المستدامة وتعزز الامن الغذائي.

اهداف الدراسة.

تهدف الدراسة الى مجموعة من النقاط تتمثل في:

- البحث عن طرق لدعم تطور صناعة الوقود الحيوي بالتوازن مع تحقيق امن غذائي.
- محاولة التعرف على اثار الوقود الحيوي على اهم عوامل البيئة وكذا المواد الأولية المستعملة في انتاجه.
- توضيح الطرق الجديدة لإنتاج الوقود حيوي نظيف ومستدام وأيضا الوصول الى امن غذائي.

حدود الدراسة:

- **الحدود الموضوعية:** تناولنا في هذه الدراسة تطور انتاج الوقود حيوي والامن الغذائي وكيف اثرت الطاقة الحيوية على تحقيق الامن الغذائي بكل ابعاده.
- **الحدود الزمنية:** الدراسة كانت في البداية ذات إطار زمني تاريخي منذ بداية انتاج الوقود الحيوي وذلك في الإطار النظري، اما في الفصل التطبيقي حدد الإطار الزمني ما بين 2003 الى 2023، الا انه تم ذكر بعض العناصر مثل السياسات الحكومية البرازيلية منذ التسعينات.
- **الحدود المكانية:** في بادئ الامر كانت حدود الدراسة مرتكزة بشكل عالمي ثم انتقلت بعد ذلك الى حدود إقليمي تتمثل في البرازيل فقط.

أسباب اختيار الموضوع:

هناك عدة أسباب لاختيار هذا الموضوع منها ما هو ذاتي وما هو موضوعي نوجزها فيما يلي:

- بسبب الاهتمام الشخصي بالموضوع نظرا لأهميته دوليا.
- معرفة كل الجوانب المؤثرة على تحقيق اهم اهداف التنمية المستدامة وهي الامن الطاقوي والامن الغذائي.

- أيضا بسبب الصدى الإعلامي على المستوى العالمي حول تحقيق الامن الغذائي وسعي وراء تطوير تكنولوجيات انتاج الوقود الحيوي.

صعوبات الدراسة:

واجهنا في هذه الدراسة صعوبة في فهم بعض معطيات الموضوع وأيضا شكلت الموضوعة صعوبة من خلال المراجع وخصوصا العربية حيث واجهنا نقص كبير في الكتب المتعلقة بالموضوع.

هيكل الدراسة:

للإجابة على الإشكالية المطروحة قسمنا هذه الدراسة الى فصلين، الفصل الأول يتضمن الاطار النظري للموضوع، حيث قسم الى ماهية الوقود الحيوي و كذلك ماهية الامن الغذائي ثم دراسة العلاقة بين الاثنين، اما في الفصل الثاني فتطرقنا الى الدراسة التطبيقية من خلال التعرف على تطور صناعة الوقود الحيوي في البرازيل ثم تحليل تأثير تطور صناعة الوقود الحيوي على ابعاد الامن الغذائي أيضا توضيح التغيرات في استهلاك الغذاء بالمقارنة مع انتاج الوقود الحيوي في البرازيل، كما تم في النهاية اعداد الخاتمة للدراسة و نتائج الفصلين مع توضيح اختبار الفرضيات متبوعة مع جملة من المواضيع المقترحة للدراسة مستقبلا.

الفصل الأول:
المفاهيم النظرية والعلاقة بين الوقود الحيوي والامن الغذائي

تمهيد:

شهد العالم في نهاية الثلاثينيات القرن الماضي العديد من التغيرات الاقتصادية والتكنولوجية والجيوسياسية جعلت من الخيار التوجه نحو انتاج طاقة متجددة كضمان للحاضر وامان للمستقبل امرا حتميا، مما دفع عدة دول الى الاهتمام بتطوير وقود حيوي خصوصا بعد نجاح التجربة البرازيلية في هذا المجال لكن كان لهذا التطوير تأثيرا على عدة مجالات ومرتبط خصوصا بالمحاصيل الزراعية ذات الاستعمال الغذائي البشري والحيواني مما جعله ذو علاقة مع هدف تحقيق الامن الغذائي وبالتالي فان الهدف الأساسي لهذا الفصل هو التعرف على الجوانب المفاهيمية الرئيسية للوقود الحيوي و الامن الغذائي، كما العلاقة بين الوقود الحيوي والامن الغذائي في عديد من الجوانب منها تأثيرها على الأراضي الزراعية والهواء والتربة والمياه.

وعلى هذا الأساس سنتناول هذا الفصل من خلال التعرض الى المباحث الاتية:

- المبحث الأول: ماهية الوقود الحيوي.
- المبحث الثاني: ماهية الامن الغذائي.
- المبحث الثالث: العلاقة بين انتاج الوقود الحيوي وتوفر المواد الغذائية وامنها.

المبحث الأول: ماهية الوقود الحيوي

يرجع الوقود الحيوي الى الحضارات القديمة، حيث تم استخدام الزيوت النباتية لإضاءة المصابيح، ومع ذلك، لم يبدأ الوقود الحيوي في اكتساب قوة الجذب كبديل لمصادر الطاقة التقليدية الا في القرن التاسع عشر، شهدت الثورة الصناعية ظهور صناعات الوقود الحيوي، خاصة في أوروبا وأمريكا الشمالية، حيث استلزم الطلب المتزايد على الطاقة مصادر جديدة للوقود، مما أدى الى انشاء مرافق لإنتاج الوقود الحيوي. في العصر الحديث، أدت التطورات في تكنولوجيا الوقود الحيوي، مثل ادخال العمليات الانزيمية واستخدام الكائنات الحية الدقيقة، الى دفع الصناعة الى الامام.

المطلب الأول: مفهوم وتاريخ تطور صناعة الوقود الحيوي

الفرع الأول: مفهوم الوقود الحيوي

يعد الوقود الحيوي من أقدم استخدامات الطاقة التي عرفها الانسان قبل اكتشافه للبترول والغاز، غير ان التقدم التكنولوجي والعلمي فتح مجالات أوسع واستخدامات جديدة لعناصر مختلفة من الطبيعية كطاقة في حياتنا اليومية. (فاطمة الطيف، 2018)

ويشير مصطلح الوقود الحيوي بشكل عام الى أي نوع من الوقود المشتق من الكتلة الحيوية (Biomass)، اذ يتم الحصول عليه من الاخشاب والمحاصيل الزراعية ومخلفات النباتات والطحالب، والتي تتم معالجتها كيميائيا حتى تصبح وقودا متجددا بديلا لأنواع الوقود التقليدية الأخرى المعروفة، ويعتبر الوقود الحيوي من أحد اهم مصادر الطاقة المتجددة، على خلاف غيرها من الموارد الطبيعية مثل النفط والفحم الحجري وكافة أنواع الوقود الاحفوري. وقد يكون الوقود الحيوي سائلا مثل الايثانول والبيو ديزل (الديزل الحيوي) او غازي مثل الغاز الحيوي، وعلى الرغم من محدودية حجم الوقود الحيوي السائل بوجه عام، الا ان اقوى نمو حدث في السنوات الأخيرة كان ذلك الذي شهده استخدام الوقود الحيوي السائل في قطاع النقل. (جغري و سميرة، الوقود الحيوي بين القيد الطاقوي والقيد الغذائي الدروس المستفادة من التجارب الدولية، 2018-2019)

ويمكن تقسيم الوقود الحيوي الى ثلاثة أنواع صلب، وغازي وسائل، والنوع الصلب كما في حالة الكتلة الحيوية الخشبية بحيث يتم حرقها مباشرة وانتاج الطاقة وتستخدم هذه الطريقة في التدفئة بالإضافة الى توليد الكهرباء، والنوع الثاني يتمثل في غاز الميثان المستخرج من تحلل النباتات والمخلفات وروث الحيوانات (بيوجاز)، والثالث هو السائل وهو الاهم والمنتشر حاليا وهناك مصدران مختلفان للوقود الحيوي السائل هما:

- النباتات المحتوية على السكر او النشا مثل قصب السكر وبنجر السكر والذرة ويستخرج منها الايثانول عن طريق عمليات التخمير.

- النباتات المحتوية على الزيوت مثل فول الصويا وعباد الشمس، وتستخرج منها الزيوت التي تعالج كيماويا للوصول الى الديزل الحيوي، اما الغاز الحيوي فإنه غالبا ما يستخرج من روث الحيوانات عن طريق تخميره او من النفايات عن طريق ردمها وتحللها في بيئة خالية من الاكسجين.

والوقود الحيوي وقود نظيف يعتمد انتاجه في الأساس على تحويل الكتلة الحيوية سواء كانت حبوب ومحاصيل زراعية (الذرة وقصب السكر) او في صورة زيوت نباتية وشحوم حيوانية مثل زيت الصويا وزيت النخيل الى ايثانول كحولي او ديزل عضوي مما يعني إمكانية استخدامها في الانارة وتسيير المركبات وإدارة المولدات. (ايمان علي، 2016)

ويعرف الوقود الحيوي بانه الطاقة المستدامة من الكائنات الحية سواء الحيوانية منها او النباتية وهو يعتبر من اهم مصادر الطاقة المتجددة على خلاف غيره من الموارد الطبيعية مثل النفط والوقود النووي لذلك سعت الكثير خصيصا لاستخدامها في مجال الوقود الحيوي ومنها الذرة وفول الصويا في الولايات المتحدة الامريكية وقصب السكر في البرازيل وزيت النخيل في شرق اسيا. (الرجب، 2018)

الفرع الثاني: تاريخ تطور صناعة الوقود الحيوي

منذ فجر التاريخ استخدام الانسان الطاقة الحيوية في ابسط صورها واشكالها، اذ كان يحرق الاخشاب والمخلفات الحيوانية واوراق الأشجار لطهي طعامه وتسخين مائه وتدفئة منزله، وللإضاءة ليلا واخافة الحيوانات الكاسرة، ومع التقدم بقيت الطاقة الحيوية محافظة على مكانتها، اذ ان كثيرا من المجتمعات الريفية في البلاد النامية لا تزال تعتمد على الطاقة الحيوية بشكل مباشر كما كان يفعل الانسان قديما فالكتلة الحيوية تنتج 36% من الطاقة المستخدمة في بعض البلاد النامية، كما ان كثيرا من سكان المناطق الريفية في الدول الصناعية مازالوا يعتمدون على هذا المصدر من الطاقة لتدفئة منازلهم وغيرها من الاستخدامات المهمة. (محمد ا.، تعرف على نشاة و تطور الطاقة الحيوية عبر التاريخ، 2022)

استخدام الوقود الحيوي السائل يعود الى 4000 قبل الميلاد، حيث استخدم الزيت النباتي مثل زيت الزيتون والخروع كوقود للمصابيح، وصفت مهرجانات المصابيح في مصر القديمة من قبل هيرودوت، حيث كانت تشعل المصابيح في ليلة الأضحى في جميع انحاء البلاد، كلمة "زيت" مشتقة من الكلمة اليونانية لشجرة الزيتون وتربط الاساطير اليونانية زراعة شجرة الزيتون بآلهة أثينا. وبحلول أواخر القرن الثامن عشر، كان لا يزال هناك طلب كبير على الزيوت النباتية، مثل زيت بذور اللفت خاصة خلال الحرب النابليونية عندما استخدمت فرنسا زيت [i]السلجم كوقود بسبب نقص زيت الحيتان، وانتشر استخدامه لاحقا في أوروبا.

يعود استخدام الفحم الحيوي، رغم انه ليس وقودا حيويا الى 400 قبل الميلاد في أمريكا الجنوبية كمحفز لنمو النبات، في القرن الثامن عشر، درس آرثر يونغ تأثير الفحم على الزراعة وأشار جون لوز في القرن التاسع عشر الى انم الفحم يزيد من إنتاجية المحاصيل، جوستوس ليبج "أبو صناعة الأسمدة" كان اشهر من درس الفحم الحيوي، اما استخدام الكتلة الحيوية لتزويد المحرك البخاري بالوقود، فيعود الى الفي عام حيث وصف فيترو فيوس وهيرون السكندري أولى تطبيقات البخار في تشغيل المحركات.

كما انه يعود انتاج الكحول عن طريق التخمير الى بدايات الحضارة، وكان النبيذ شائعا لدى قدماء المصريين والاغريق تم وصف تقنيات صناعة النبيذ من قبل بليني في كتابه "التاريخ الطبيعي"، تقطير الكحول الضروري لإنتاج الوقود، نسب لأول مرة الى الكيميائيين العرب في القرن التاسع مثل جابر بن حيان والكندي والرازي. ومع ذلك، يعزى اكتشاف عملية التقطير الى الماجيستر ساليرنوس في القرن الثاني عشر، حيث أنتج "اكوا اردنس" الذي يحتوي على نسبة عالية من الايثانول تكفي للاحتراق. في القرن الثالث عشر، كان ريموند لول اول من أنتج الكحول المطلق (الايثانول) المسمى "اكوا فيتاي".

في عام 1630، سجل جان بابتيست فان هيلمونت انبعاث غاز قابل للاشتعال من المواد النباتية المتحللة، لاحظ توماس شيرلي في 1659 اشتعال مياه ينبوع في ويجان عند تقريب شمعة منها. في 1808، أجرى همفري ديفي دراسة حول تخمر السماد مشيرا الى انتاج الغاز الناتج عن تخمير النفايات كوقود. في 1930، توقع آرثر م.بوشيل ان تطوير هذه التكنولوجيات سيمكن المزارع من تحويل مخلفات المحاصيل الى وقود غازي عالي القيمة الحرارية مع إمكانية تزويد المدن الصغيرة بالغاز، خصوصا مع استنفاذ موارد الفحم والنفط والغاز.

في أوائل القرن الثامن عشر، كان زيت الحوت اول وقود سائل يتم تداوله عالميا، حيث استخدم في اضاءة الشوارع في لندن وباريس وغيرها من المدن الكبرى. اعتمدت الاقتصادات وخاصة الولايات المتحدة الاستعمارية على تجارته بحلول عام 1720، كانت شحنات النفط من النانتوكيت قد بدأت وكانت بريطانيا العميل الرئيسي لزيت الحيتان الأمريكي. بحلول أوائل القرن التاسع عشر أصبح زيت حوت العنبر المنتج المتميز في السوق، بينما اعتبر زيت الحوت الشائع اقل قيمة. فبلغت شحنات زيت الحوت الامريكي ذروتها في هذا الوقت، لكن العرض أصبح مشكلة مع ظهور الكيروسين كبديل أكثر استدامة حيث أدى الصيد الجائر الى تقليل اعداد الحيتان بسرعة.

في عام 1819، عالج هنري براكونوت السليلوز بحمض الكبريتيك لإنتاج سكريات قابلة للتخمر، مما مهد الطريق لانتاج الايثانول من الخشب، أجرى اينار سيمونسن تجارب على معالجة نشارة الخشب بالأحماض وأطلق ألكسندر كلاسن اول تطبيق تجاري لهذه العملية في المانيا عام 1900 والتي عرفت في الولايات المتحدة باسم "العملية الامريكية"، تأسست منشآت في ساوث كارولينا ولوس انجلوس. في عام 1923، اخترع هاينريش شولر تقنية محسنة، وبحلول عام 1941، كان هناك عشرون مصنعا تعمل في المانيا. تم تحسين عملية شولر في الولايات المتحدة خلال الاربعينيات مما أدى الى تطوير عملية ماديسون لسكر الخشب كما تم أنتج الايثانول السليلوزي من سكريات الخشب في مطاحن لب الكبريتيت.

وصف صامويل موري في عام 1826 استخدام الايثانول والتربنتين كوقود للمحركات أحد اول أنواع الوقود المتجدد كان خليطا من الايثانول والكامفين استخدم في مصابيح الزيت كبديل لزيت الحوت. تم اختراع مصباح لحرق هذا الخليط في عام 1831، وأنتج مصنع في فيلادلفيا أكثر من ثلاثة ملايين لتر من هذا الوقود بحلول عام 1857، انهار السوق بسبب الضريبة على الايثانول الصناعي في 1862 ولم يلغ حتى 1906. وبحلول بداية القرن العشرين، أصبح الايثانول وقودا شائعا للسيارات مع استخدامات ملحوظ في فرنسا وألمانيا. كما أصبحت البرازيل رائدة في انتاج الايثانول في النصف الثاني من القرن العشرين، في 1931 ألزمت القوانين

مستوردي البنزين بشراء نسبة من الايثانول، تأسس معهد لترويج كحول الوقود وزاد عدد المصانع والإنتاج بشكل كبير خلال الحرب العالمية الثانية.

في عام 1846، اكتشف فريدريش رو شيدر وباتريك ج.دافي عملية تحويل الاسترة للزيوت النباتي، رودولف ديزل بنى نموذجا لمحرك يعمل بزيت الفول السوداني في عام 1900 مما أدى الى تبني استخدام الزيوت النباتية في محركات الديزل، تمت تجارب ناجحة باستخدام الزيوت النباتية والحيوانية في محركات الديزل بما في ذلك زيت الفول السوداني وزيت الخروع وزيت السمك. (LEE ENTERPRISES CONSULTING)

في نهاية يمكن القول ان حاليا وحسب الوكالة الدولية للطاقات المتجددة IRENA فاءن الطاقة الحيوية يتقسم استخدامها لفئتين رئيسيتين هما: "التقليدية" و "الحديثة" ويشير الاستخدام التقليدي الى حرق الكتلة الحيوية في اشكال مثل الخشب والنفايات الحيوانية والفحم التقليدي، وتشمل تقنيات الطاقة الحيوية الحديثة الوقود الحيوي السائل المنتج من قصب السكر والنباتات الأخرى، المصافي الحيوية، والغاز الحيوي المنتج عن طريق الهضم اللاهوائي للمخلفات، أنظمة تسخين الحبيبات الخشبية، وغيرها من التقنيات، وحوالي ثلاثة ارباع استخدام الطاقة المتجددة في العالم يشمل الطاقة الحيوية، واكثر من نصفها يتكون من استخدام الكتلة الحيوية التقليدية، وشكلت الطاقة الحيوية حوالي 10% من اجمالي استهلاك الطاقة النهائي و 1,9% من توليد الطاقة العالمية في عام 2015. (AGENCY, 2024)

المطلب الثاني: انواع الوقود الحيوي واستخداماته

الفرع الأول: انواع الوقود الحيوي

ينقسم الوقود الحيوي الى ثلاثة أنواع:

أولا: الوقود الحيوي الصلب

وقد استخدم هذا النوع منذ القدم، وهو يشمل الاخشاب والقش والنباتات الجافة والفحم والخلفات النباتية ومخلفات مصانع قصب السكر وعصير الفواكه ومعاصر زيت الزيتون وغيرها كما يشمل فضلات الحيوانات (سماد وروث) وكذلك القمامة.

وفي الواقع فان وقود الكتلة الحيوية الصلب، يمكن ان يستعمل بشكل مباشر كما هو في الطبيعة، الا انه في كثير من الأحيان تتم معالجته لرفع قيمته الحرارية. فالخشب يحول الى فحم بإزالة الماء منه وكذلك المواد المتطايرة والمواد العضوية الأخرى، والفحم ذو اللون الأسود يكون محتواه من الكربون مرتفعا ويتراوح بين 85% و95%، وهو يحترق بحرارة عالية وكفاءة اعلى من الخشب، وقد استعمله الحدادون قديما لصهر المعادن كما استعمل وقودا لصهر الزجاج والتدفئة. (امجد، 2019)

ثانيا: الوقود الحيوي السائل

يستحوذ هذا النوع على الاهتمام الأكبر من بين أنواع الوقود الحيوي وينقسم الى مجموعتين رئيسيتين تتمثل في:

1. **الوقود الكحولي**: يتم انتاجه بعدة طرق من النباتات الغنية بالسكر والنشويات خصه قصب السكر والبنجر السكري، الذرة والقمح ومن اهم انواعه: (نونة، 2016)
2. **الايثانول**: من الممكن استخدام أي مادة وسيطة تحتوي على كميات كبيرة من السكر، او استخدام مواد يمكن تحويلها الى سكر مثل النشاء او السيليولوز لإنتاج الايثانول ، و الايثانول التوافر حاليا في سوق الوقود الحيوي اما يقوم على السكر او على النشاء و المحاصيل السكرية الشائع استخدامها كمادة وسيطة هي قصب السكر، وبنجر السكري و بدرجة اقل الذرة الرفيعة الحلوة، اما المواد الوسيطة النشوية الشائعة فتشمل الذرة و القمح و الكسافا، واستخدام الكتلة الحيوية التي تحتوي على سكريات يمكن تخميرها مباشرة بحيث تصبح ايثانول، وفي البرازيل و غيرها من البلدان الاستوائية، التي تنتج حاليا الايثانول يعتبر قصب السكر هو المادة الوسيطة التي تستخدم على أوسع نطاق. (الزراعة، 2008)
3. **البيوبيتانول**: يتم انتاج عن طريق نوع من البكتيريا تقوم بتحويل السكر الى بيتا نول، ويتزايد الاهتمام به كوقود بديل عن الوقود النفطي نظرا لمزاياه مقارنة مع الإيثانول.
4. **الميثانول**: يتم الحصول عليه من الميثان ويمكن استخدامه كبديل للبنزين بصورة جزئية او كمضاف غير انه يعتبر سام جدا بالنسبة للإنسان.
5. الوقود الزيتي: يتم انتاجه من مجموعة من النباتات الزيتية كالنخيل الزيتي، دوار الشمس والصوجا وغيرها عن طريق ضغط الحبوب الزيتية او باستخدام مذيبات عضوية ويمكن استخدام هذا النوع على أحد الشكلين التاليين: (نونة، 2016)
6. **الديزل الحيوي (بيو ديزل)**: المعروف أيضا باسم الاستر (Ester) او الديستر (Diester) في فرنسا، والمتحصل عليه عن طريق تحويل الدهون الثلاثية (triglycerides) التي تشكل الدهون النباتية.

تتم استره هذه الزيوت الثلاثية مع:

- الميثانول يعطي استرات ميثيل الزيوت النباتية (EMHV).
- الايثانول يعطي استرات ايثيل الزيوت النباتية (EEHV).

وكلاهما بيو ديزل يحتوي على الكبريت، غير سام وجد قابل للتحلل بيولوجيا. (جغري ، الوقود الحيوي بين القيد الغذائي و القيد الطاقوي الدروس المستفادة من التجارب الدولية، 2018-2019)

- الزيت النباتي الخام: في أواخر القرن التاسع عشر استخدم زيت حبوب الفول السوداني بشكل مباشر لتشغيل اول محرك ديزل، قبل ان يتم استعمال الوقود الاحفوري التقليدي لتشغيل المحركات. (امجد، 2019)

يمكن استخدامه بصورة مباشرة او كمزيج مع الوقود التقليدي في محركات الديزل غير انه يطرح بعض المشاكل التقنية بسبب ارتفاع لزوجته، الامر الذي يحتم اجراء بعض التعديلات على المحركات التي تستخدمه. (نونة، 2016)

ثالثا: الوقود الحيوي الغازي

وهو الغاز الحيوي الذي ينبعث من النباتات الفاسدة والحيوانات والروث، وحيث ان الميثان هو المكون الرئيسي للغاز الطبيعي، فإن العلماء يبحثون عدة طرق للحصول عليه من القمامة، ويتحققون من إمكانية استعمال الوقود الحيوي لتوليد الهيدروجين الذي سيستخدم في خلايا الوقود. (سمير، بلال، و محمود)

يتمثل في الميثان الحيوي الذي ينتج من التخمر اللاهوائي للمخلفات العضوية النباتية والحيوانية مثل فضلات الصناعات الغذائية والمخلفات الزراعية، يمكن استخدام هذا الغاز كبديل للغاز الطبيعي وكوقود لمختلف أنواع المحركات، ويتميز بكفاءته الطاقوية العالية مقارنة بأنواع الوقود الحيوي الأخرى وبساطة تقنيات إنتاجه لكنه يعاني من مشكل عدم إمكانية التخزين مما يحتم استغلاله مباشرة عند انتاجه، ويبقى استغلاله ضعيفا مقارنة بالوقود الحيوي السائل. (نونة، 2016)

كما يمكن تصنيف الوقود الحيوي لأربعة أجيال وهي كتالي:

أولا: الجيل الأول

حيث استخدمت بذور وحبوب النباتات لإنتاج الوقود الحيوي، ومنها الذرة والقمح وفول الصويا وقصب السكر واللفت والشعير وغيرها، وقد قوبل استخدام المحاصيل الزراعية لإنتاج الوقود باحتجاجات عالمية واعتراضات واسعة، نظرا لان انتاجه يكون على حساب سلة الغذاء العالمية، وتسببه في تحويل كثير من الأراضي الزراعية المخصصة لإنتاج الغذاء الى محاصيل وقود حيوي مما تسبب في ارتفاع كبير في أسعار الحبوب والزيوت النباتية.

ثانيا: الجيل الثاني

يعتمد على المخلفات النباتية كسيقان القمح والذرة ونشارة الخشب والتبن وغيرها، حيث يتم الحصول على الوقود السليلوز والايثانول والميثانول الحيوي والهيدروجين الحيوي، وبالرغم من أهمية استخدام المخلفات الزراعية لإنتاج الوقود، إلا انه يعاب عليها انها تحرم الماشية من العلف، والتربة الزراعية من المخلفات النباتية التي هي سماد عضوي يخصبها.

ثالثا: الجيل الثالث

يستخدم الطحالب لإنتاج الوقود الحيوي لاحتوائها على نسبة جيدة من الزيوت تصل الى 60% من وزنها، وقد تزايد الاهتمام العالمي بالطحالب لأنها لا تنافس الزيوت النباتية و المحاصيل الزراعية المخصصة للاستهلاك البشري، كما ان الطحالب لا تتسبب بإضافة مزيد من غاز ثاني أكسيد الكربون الى الهواء، حيث ان ما تستهلكه اثناء زراعتها ونموها يعادل تقريبا ما ينبعث منها عند احترق الوقود الحيوي المنتج منها، بالإضافة الى ان زراعة الطحالب لن تكون على حساب الأراضي الزراعية، كما لا تؤثر على مصادر المياه العذبة، اذ يمكن زراعتها باستخدام مياه البحار او المياه العادمة المعالجة.

رابعا: الجيل الرابع

يعد هذا الجيل أحدث اتجاه عالمي لإنتاج الوقود الحيوي، ويعتمد على اجراء تغيير في جينوم أحد الكائنات الدقيقة، وهو بكتيريا أطلق عليها اسم (Mycoplasma Laboratorium) بحيث تصبح قادرة على انتاج الوقود من غاز ثاني أكسيد الكربون. (محمد ا.، تعرف على اجيال صناعة الوقود الحيوي، 2022)

الفرع الثاني: استخدامات الوقود الحيوي

يستخدم الوقود الحيوي ضمن ثلاثة مجالات رئيسية كالتدفئة والتسخين، انتاج الكهرباء، وقود لوسائل النقل.

يتميز الوقود الحيوي بعدم اضراره بالبيئة، وهو وقود نظيف يعتمد انتاجه في الأساس على تحويل الكتلة الحيوية، سواء اكانت ممثلة في صورة حبوب ومحاصيل زراعية مثل الذرة وقصب السكر ام في صورة زيوت مثل زيت فول الصويا وزيت النخيل وشحوم حيوانية، الى وقود سائل مثل الايثانول الكحولي او الديزل الحيوي اللذين يمكن استخدامهما كوقود لوسائل النقل المختلفة.

بدأت بعض الدول ضمن سياسات وبرامج لتطوير صناعة الوقود الحيوي بزراعة أنواع معينة من النباتات تتوافق وطبيعة مواردها الزراعية وامكاناتها المادية والتكنولوجية لاستخدامها في مجال الوقود الحيوي، منها الذرة وفول الصويا في الولايات المتحدة الامريكية وأيضا نبتة الملفوف في أوروبا، وقصب السكر في البرازيل، وزيت النخيل في جنوب شرق اسيا.

تعد البرازيل والولايات المتحدة الامريكية من أبرز منتجي الوقود الحيوي بين دول العالم، فالبرازيل تنتج مادة الايثانول من قصب السكر منذ سنة 1975 لاستخدامه كوقود للسيارات، بينما تنتج الولايات المتحدة هذا الوقود من الذرة، وتشكل هاتان الدولتان 90% من انتاج العالمي.

مادة الايثانول التي تنتج أساسا من قصب السكر والذرة ، تشكل اكثر من 90% من مجمل انتاج الوقود الحيوي في العالم، بينما مادة البيو ديزل فتاتي في المرتبة الثانية من الوقود الحيوي ، وتستخدم الدول الوقود الحيوي لتقليص اعتمادها على الوقود الاحفوري ضمن سياسة تنويع الموارد و الاعتماد على الطاقات المتجددة و التحرر من تقلبات و أزمات سوق المحروقات و تكاليفه العالية على اقتصادات الدول المستوردة له، فالولايات المتحدة تسعى الى تقليص اعتمادها على النفط بمقدار 20% في سنة 2017 وتعويضه باستخدام الوقود الحيوي. (فاطمة الطيف، 2018)

ومن الأمثلة على اقتصاديات الغاز الحيوي قرية بيورا (Pura) في جنوب الهند التي تقوم محطة انتاج الغاز الحيوي فيها بتزويد غاز الميثان لمولد سعته 5 كيلووات من الكهرباء يستخدم لإنارة وتشغيل مضخات المياه، وبعد أربع سنوات من العمل كانت كلفة الطاقة الكهربائية 0،25 دولار للكيلوواط _ساعة، وهذا السعر عال نوعا ما عند مقارنته بسعر الكهرباء الواصل من الشبكة الكهربائية، ولكن دراسة أخرى بينت ان استخدام فضلات الحيوانات يمكن ان يزيد من كمية الغاز ويقلل السعر الى النصف.

- وبالنسبة الى الطاقة المستخلصة من الخشب فإن التقدير الاقتصادي للخشب المزروع في مزارع غير اعتيادية في شمال شرقي البرازيل، والتي يكون فيها انتاج الخشب غير مثالي لعدم توفر المياه الكافية، يتبين منه ان الخشب يمكن ان ينتج طاقة بسعر

1،4 دولار لكل جيغا جول، و هذا السعر منخفض جدا نتيجة للخبرة المتراكمة في هذا النوع من الزراعة وقلة أجور العمالة، كما انه سعر اقل بكثير من الأسعار العالمية التي قد تصل في أمريكا الى ما بين 3،9 و 2،7 دولار لكل جيغا جول، ومن المتوقع ان ينخفض السعر إلى ما بين 2،7 و 1،9 دولار جيغا جول ، و من المتوقع ان ينخفض السعر الى ما بين 2،7 و 1،9 دولار لكل جيغا جول في عام 2010.

- وبالنسبة الى فضلات الغابات، ففي النمسا تتوفر بقايا الاخشاب والاغصان بأسعار رخيصة تعادل 5،95 دولار للمتر المكعب من الخشب الجاف او حوالي 1،05 دولار لكل جيغا جول وذلك نتيجة لتراكم نفايات الغابات.
- تستخدم طائفة متنوعة من موارد الكتلة الحيوية في توليد الكهرباء والطاقة الحرارية من خلال الحرق وتشمل المصادر اشكالا شتى من المخلفات مثل مخلفات الصناعات الزراعية، ومخلفات ما بعد الحصاد التي تترك في الحقول، وروث الماشية، والمخلفات الخشبية من الغابات والصناعة، ومخلفات الصناعات الغذائية والورقية، والمخلفات الصلبة للمدن، ومخلفات المجاري، والغاز الحيوي المنبعث من هضم النفايات الزراعية وغيرها من النفايات العضوية. كما تستخدم أيضا المحاصيل مخصصة للطاقة، مثل النباتات المعمرة قصيرة الدورة الزراعية (الاوكالبتوس، والحور والصفصاف) والاعشاب (الميسكانتوس والعشب السوطي).
- و من الممكن استخدام عمليات عديدة لتوليد الكهرباء، وينتج معظم الكهرباء المستمد من الكتلة الحيوية باستخدام عمليات دورة البخار، و فيها تحرق الكتلة الحيوية في غلاية لتوليد بخار ضغط عال يتدفق فوق سلسلة من الاحتراس الايروديناميكية مما يسبب تدوير التوربين، يدير استجابة لذلك مولدا كهربائيا موصولا به لإنتاج الكهرباء و الاشكال المضغوطة من الكتلة الحيوية مثل الكريات و القوالب الخشبية يمكن استخدامها أيضا في الحرق، ويمكن أيضا حرق الكتلة الحيوية مع الفحم في غلاية منشاة تقليدية لتوليد الكهرباء من اجل انتاج البخار و الكهرباء، والطريقة الأخيرة هي حاليا الأكثر كفاءة بالنسبة لتكلفة ادماج التكنولوجيا المتجددة في الإنتاج التقليدي للكهرباء وذلك لان قدر كبيرا من البنية الأساسية الموجودة حاليا لمنشأة الكهرباء يمكن استخدامه بدون ادخال تعديلات كبيرة عليه. (الزراعة، 2008)

المطلب الثالث: اهم المنتجين والمستهلكين للوقود الحيوي عالميا

يتوزع انتاج واستهلاك الوقود الحيوي على عدد متزايد من دول العالم، غير ان القسم الأكبر من الإنتاج والاستهلاك يتركز في مجموعة محدودة من الدول ويمكن تقسيمها الى فئتين:

الفرع الأول: الأسواق الناضجة

تظهر قائمة أكبر الدول المنتجة للوقود الحيوي تصدر الولايات المتحدة الامريكية والبرازيل واندونيسيا بلدان العالم في انتاج ذلك الوقود النظيف، وبحسب بيانات معهد الطاقة البريطاني ارتفع انتاج العالم من الوقود الحيوي خلال العام الماضي (2022) الى 1،914 مليون برميل نفط مكافئ يوميا، مقابل 1،808 مليون برميل نفط مكافئ يوميا، بنسبة نمو سنوية 5،8%. وقد حققت معظم دول العالم نموا في انتاج الوقود الحيوي خلال العام الماضي (2022) الذي شهد ازمة طاقة عالمية تسببت في وصول أسعار النفط والغاز لمستويات تاريخية. (احمد ، اكبر الدول المنتجة للوقود الحيوي عالميا خلال 2022، 2023)

أولا: الولايات المتحدة

تعتبر الولايات المتحدة أكبر منتج للإيثانول عالميا بعد ان تجاوزت البرازيل منذ 2007م بإنتاج أكثر من 51 مليار لتر سنة 2011م ورغم ذلك يبقى الاستهلاك الايثانول متواضعا من اجمالي استهلاك وقود النقل اذ لا يغطي سوى 1،5% من حجم الوقود المستهلك في النقل البري، وقد اعطى قانون الطاقة لسنة 2005م وزنا كبيرا للوقود الحيوي ضمن سياسة الطاقة الامريكية من اجل خفض التبعية النفطية لمنطقة الشرق الأوسط، وذلك من خلال اجراءات المزج الاجباري وتطوير الجيل الثاني من الوقود الحيوي. ويعرف انتاج الايثانول نموا مستمرا منذ أواخر تسعينيات القرن الماضي، حيث ارتفع عدد الوحدات الإنتاجية من 50 وحدة 17 ولاية انتجت 1،4 مليار غالون مع نهاية 1998م، الى 211 وحدة بطاقة إنتاجية قدرها 14،7 مليار غالون في 28 ولاية انتجت 13،1مليار غالون 2012 إضافة الى وحدات أخرى قيد الإنجاز. و حاليا يحتوي 90% من البنزين المستهلك في الولايات المتحدة الامريكية على نسبة تصل الى 10% من الايثانول على غرار البرازيل بدأت الولايات المتحدة الامريكية الاهتمام بالديزل الحيوي كبديل للديزل النفطي في وسائل النقل الثقيل ، وتعتبر صناعة الديزل الحيوي صناعة حديثة في الولايات المتحدة الامريكية بدأت مع مطلع القرن الحالي كما ان إجراءات المزج الاجباري للديزل الحيوي لم تدخل حيز التنفيذ الا في مارس 2010م. (نونة، 2016)

تصدرت الولايات المتحدة قائمة أكبر الدول المنتجة للوقود الحيوي عالميا خلال العام الماضي، بحجم بلغ 728 ألف برميل نفط مكافئ يوميا، مقابل 685 الفا في عام 2021، بنسبة نمو 6،3%. (احمد ، اكبر الدول المنتجة للوقود الحيوي عالميا خلال 2022، 2023)

ثانيا: البرازيل

يعتبر البرازيل الرائد التاريخي لإنتاج واستخدام الوقود الحيوي في قطاع النقل، حيث تحتل المركز الثاني في انتاج الايثانول الحيوي بالاعتماد على قصب السكر الذي تعتبر اول منتج له عالميا، وقد عرف انتاج واستخدام الايثانول الحيوي كوقود في البرازيل ثلاث مراحل:

1. **مرحلة النمو**: ما بين 1975و1990والتي شهدت توسعا كبيرا في انتاج واستهلاك الايثانول بفعل البرنامج الحكومي proalcool.
2. **مرحلة ركود نسبي**: بين 1990 وبداية القرن الحالي بفعل الصدمة النفطية المضادة وانخفاض أسعار النفط.
3. **مرحلة عودة النمو**: من مطلع القرن الحالي الى اليوم و ذلك بفعل ارتفاع أسعار النفط بالتزامن مع توسع قطاع انتاج سيارات الوقود المرن (FFV) التي كان لها دور كبير في نمو استهلاك الايثانول الحيوي كوقود، اذ ارتفع عدد الوحدات المنتجة من هذا النوع من السيارات من حوالي 490 الف سيارة في 2003م الى حوالي 1،39 مليون سيارة في 2006م لتمثل اكثر من 50% من السيارات المنتجة في البرازيل، هذه السيارات تمنح للمستهلك إمكانية الاختيار بين مزيج من البنزين و 20% الى 25% من الايثانول او الايثانول الصرف حسب السعر على مستوى محطات التوزيع.

بلغ استهلاك الايثانول 12 مليون طن في 2005م وتجاوز 25 مليار لتر في 2011م حيث يتم تسويق 60% من الايثانول في شكل مزيج مع البنزين و40% كوقود صرف، يغطي الحجم المستهلك 40% من استهلاك البنزين و15% من اجمالي وقود النقل في البرازيل.

إضافة الى كون البرازيل رائدة في صناعة الايثانول الحيوي ، فهي تهتم أيضا بالديزل الحيوي حيث تم اطلاق برنامج وطني لاستخدام هذا الأخير بهدف خفض الواردات من الديزل النفطي و تنمية مناطق انتاج المواد الأولية المتمثلة أساس في فول الصويا اذ تعتبر البرازيل من اكبر المنتجين العالميين للصويا الى جانب الولايات المتحدة الامريكية و الارجنتين و في نفس الوقت اكبر منتج لزيت الصويا، و تتوقع شركة النفط البرازيلية petro bras ان يغطي انتاج الديزل الحيوي 25% من واردات الديزل النفطي البرازيلية. (نونة، 2016)

كما احتلت البرازيل المركز الثاني بقائمة أكبر الدول المنتجة للوقود الحيوي عالميا، جاءت البرازيل بحجم بلغ 409 الاف برميل من النفط المكافئ يوميا في عام 2022، مقابل 391 ألف خلال 2021، محققة نسبة ارتفاع سنوية 4،6%. (احمد ، اكبر الدول المنتجة للوقود الحيوي عالميا خلال 2022، 2023)

ثالثا: اندونيسيا

تبنت اندونيسيا وقود الديزل الحيوي لزيت النخيل كبديل للوقود الاحفوري، وخاصة في قطاع النقل، من خلال مزج وقود الديزل الحيوي القائم على زيت النخيل مع وقود الديزل التقليدي، قللت البلاد اعتمادها على البترول المستوردة وحققت تخفيضات كبيرة في انبعاثات غازات الدفيئة، ومع ذلك من المهم ان نلاحظ انه يجب ضمان ممارسات انتاج زيت النخيل المستدامة لتجنب الاثار البيئية السلبية المرتبطة بإزالة الغابات. (IN THE TANK TO GREEN: تسخير قوة الوقود الحيوي، 2023)

كما ان اندونيسيا حلت بالمركز الثالث في انتاج الوقود الحيوي خلال العام 2022، بنحو 174 ألف برميل نفط مكافئ يوميا، مقابل 151 الفا في العام 2021، بنسبة نمو وصلت الى 15،6% على أساس سنوي. (احمد ، اكبر الدول المنتجة للوقود الحيوي عالميا خلال 2022، 2023)

الفرع الثاني: الأسواق الصاعدة

تتجه العديد من الدول الى تطوير وتبني برامج لتنمية انتاج واستعمال الوقود الحيوي خصوصا بسبب تقلبات أسعار النفط والخطر من فقدان الموارد الطاقوية فيجب العثور على بديل دائم ومتجدد وخاصة تلك الدول التي تمتلك إمكانيات زراعية كبيرة أهمها:

أولا: الصين

بفارق كبير عن الدول الثلاث الكبار جاءت الصين في المركز الرابع عالميا بقائمة أكبر الدول المنتجة للوقود الحيوي بكمية وصلت الى 66 ألف برميل نفط مكافئ يوميا خلال العام 2022، مقابل 58 ألف في 2021 مسجلة نسبة زيادة سنوية 14،4%. (احمد ، اكبر الدول المنتجة للوقود الحيوي عالميا خلال 2022، 2023)

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 ومن المتوقع ان تتجاوز 75% في أفاق 2030، وهو ما دفع الحكومة الصينية الى 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 انتاج الوقود الحيوي من خلال المخطط الخماسي العاشر (2001 -2005) لحماية البيئة الذي تضمن ادخال الايثانول كوقود للنقل، و يعتمد في انتاجه بشكل أساسي على الذرة التي تمثل الصين ثاني منتج لها عالميا. (نونة، 2016)

ثانيا: المانيا

بينما سجلت المانيا تراجعا سنويا في انتاج الوقود الحيوي بنسبة 6،1% لتحقق 62 ألف برميل نفط مكافئ يوميا خلال العام 2022، مقابل 66 الفا في عام 2021، ليتراجع ترتيبها بقائم أكبر الدول المنتجة للوقود الحيوي عالميا الى المركز الخامس بعد ان كانت تسبق الصين.

نجحت العديد من الدول الأوروبية في تنفيذ حلول نفايات الى طاقة، وتحويل النفايات العضوية الى الوقود الحيوي، على سبيل المثال انشات المانيا العديد من نباتات الغاز الحيوي التي تولد طاقة متجددة من النفايات الزراعية والعضوية. (IN THE TANK TO GREEN: تسخير قوة الوقود الحيوي، 2023)

ثالثا: الارجنتين

في الترتيب السادس عالميا بقائمة أكبر الدول المنتجة للوقود الحيوي عالميا، حلت الارجنتين بكمية انتاج بلغت 45 ألف برميل نفط مكافئ يوميا، مقابل 40 الفا في عام 2021، بنسبة ارتفاع بلغت 11،7%. (احمد ، اكبر الدول المنتجة للوقود الحيوي عالميا خلال 2022، 2023)

تظهر الارجنتين كمنتج صاعد للوقود الحيوي وثاني منتج في أمريكا الجنوبية بعد البرازيل بإنتاج بلغ 1،8 مليون طن عام 2009 يوجه معظمه نحو التصدير ب 85% من حجم الإنتاج، والملاحظ انا قطاع انتاج الديزل الحيوي في الارجنتين يتكون من فرعين متكاملين، الفرع الأول يتمثل في المؤسسات الصغيرة والمتوسطة الأرجنتينية التي تعمل على تزويد السوق المحلية، الفرع الثاني يضم الشركات العالمية الكبرى التي يوجه انتاجها الى التصدير نحو السوق الامريكية والأوروبية بالدرجة الأولى.

على نفس نسق انتاج الديزل الحيوي تتجه الارجنتين نحو تنمية انتاج الايثانول مدفوعة بعاملين اساسيان يتمثلان في النمو المتزايد لإنتاج الذرة في حقول السافانا وسط البلاد والاستثمارات الصينية الهامة في هذا المجال. (نونة، 2016)

رابعا: الهند

وفي السياق نفسه، سجلت الهند نسبة نمو قوية على أساس سنوي في انتاج الوقود الحيوي، خلال العام الماضي، بلغت 24،5 لتحل في مركز السابع بقائمة أكبر الدول المنتجة لوقود الحيوي عالميا.

وارتفع انتاج الهند من الوقود الحيوي، الى 43 ألف برميل نفط مكافئ يوميا، مقابل 35 ألف عام 2021، في حين استقر انتاج هولندا عند 39 ألف برميل نفط مكافئ يوميا، لتكون في المركز الثامن.

خامسا: تايلند

بينما تراجع انتاج تايلاند من الوقود الحيوي، خلال العام الماضي، الى 36 ألف برميل من النفط المكافئ يوميا، مقابل 39 الفا، بنسبة هبوط سنوية 8،5%.

سادسا: فرنسا

وفي المركز الأخير بقائمة أكبر الدول المنتجة للوقود الحيوي عالميا، جاءت فرنسا بكمية انتاج تراجعت الى 35 ألف برميل من النفط المكافئ يوميا، مقابل 36 الفا في عام 2021م. (احمد ، اكبر الدول المنتجة للوقود الحيوي عالميا خلال 2022، 2023)

المطلب الرابع: السياسات الحكومية والتنظيمية المؤثرة في تطور صناعة الوقود الحيوي.

تأثرت صناعة الوقود الحيوي بعدة عوامل كانت سببا في التوجه نحو تطوير صناعته، ولعل أبرزها تلك السياسات التي أقرتها بعض الدول لمواجهة إرتفاع أسعار النفط الخام وتنويع مصادر الطاقة وإنشاء سوق للوقود البديل (محمد م.، 2016).

كما كان للإجراءات المختلفة التي تبنتها الدول عدة أهداف من أبرزها:

- أهداف كمية ترتكز على توليفة محفزة لمستوى العرض والطلب مثل خفض حجم واردات النفط ورفع نصيب الوقود الحيوي من الطاقة المنتجة.
- أهداف مالية تتمثل في منح الحوافز والإعفاءات الضريبية والقروض والضمانات للمزارعين ومنتجي الوقود الحيوي والصناعات الحيوية المرتبطة به، بالإضافة إلى فرض رسوم جمركية على الواردات من منتجات الوقود الحيوي. (العجوزة، 2016)

إن أحدث نمو في إنتاج الوقود الحيوي هو الذي شهدته بلدان منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي، وأساسا الولايات المتحدة الامريكية وبلدان الاتحاد الأوروبي، والاستثناء هو البرازيل، التي كانت رائدة في إقامة قطاع وطني للوقود الحيوي قادر على المنافسة اقتصاديا، ويعتمد إلى حد كبير على قصب السكر.

وقد وضعت بلدان منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي سياسات تشجع وتدعم إنتاج الوقود الحيوي واستهلاكه. ويجري الآن إدخال سياسات من هذا القبيل في عدد من البلدان النامية. (المتحدة، 2008).

كانت العوامل الرئيسية التي تقف وراء الدعم الحكومي لهذا القطاع من دواعي القلق بشأن تغير المناخ وأمن الطاقة، وكذلك الرغبة في دعم قطاع الزراعة من خلال زيادة الطلب على المنتجات الزراعية. ومع أن سياسات الوقود الحيوي تبدو فعالة في دعم المزارعين المحليين، فإن فعاليتها في تحقيق الأهداف المتعلقة بتغير المناخ وأمن الطاقة تتعرض لتمحيص متزايد.

في معظم الحالات، كانت هذه السياسات باهظة التكلفة، وكانت تنحو عادة إلى التسبب في اختلالات جديدة في الأسواق الزراعية المختلة والمحمية بشدة أصلا على المستويات المحلية والعالمية على حد سواء. وهذا لم يكن عادة في صالح نمط دولي فعال لإنتاج الوقود الحيوي ومواده الوسيطة (المتحدة، 2008)

لعبت سياسات الوقود الحيوي دورا حاسما في إزالة الكربون من وسائل النقل في جميع البلدان المشاركة في مهمة الوكالة الدولية للطاقة الحيوية 39، أدت السياسات مثل الأهداف و الحوافز والتفويضات وما الى ذلك الى زيادة انتاج الوقود الحيوي واستخدامه مع السياسات الرئيسية المستخدمة في مراحل مختلفة من سلسلة توريد الوقود الحيوي، على سبيل المثال: كانت سياسات الدفع بالتكنولوجيا سببا في دفع عجلة التنمية في مراحلها المبكرة، في حين أدت سياسات جذب السوق الى خلق الطلب على أنواع الوقود الحيوي الأكثر تطورا مثل الايثانول ووقود الديزل الحيوي، كما تم استخدام تفويضات المزج لتعزيز انتاج واستخدام الوقود الحيوي، والمساعدة في انشاء الأسواق مع تسهيل دخول الأسواق، لقد ثبت ان التفويضات تساعد في التعامل مع أسعار النفط المتغيرة، والمنخفضة بشكل خاص، مع تشجيع وقود النقل المتجدد.

وقد تم بنجاح استخدام عمليات المزج الحجمي التي تتراوح بين 5% (E5) و10% (E10) ومزيج الايثانول الأعلى في بلدان مثل البرازيل وكندا والولايات المتحدة. وقد حددت بلدان أخرى مثل النمسا، اهداف الاستبدال على أساس محتوى الطاقة (على الأقل 3.4% من الايثانول و6.3% من وقود الديزل الحيوي) على رغم من ان هولندا الغت اهداف المزج الإلزامية، فقد أدخلت التزاما سنويا بالطاقة لموردي الوقود لإدراج الحد الأدنى من الطاقة المتجددة في وقود النقل. قامت البرازيل بزيادة تفويضات مزج الوقود الحيوي الى 27% من الايثانول اللامائي في البنزين (E27) و12% في وقود الديزل الحيوي (B12)، تتمتع كندا بتفويض فيدر الي للمزج يتطلب استبدال نسبة معينة من البنزين والديزل بوقود منخفض الكلور، تتراوح التفويضات على مستوى المقاطعات من 5% الى 15% من الايثانول في البنزين و2% الى 5% في الديزل، تعمل الصين حاليا على الترويج لاستخدام البنزين المخلوط بالإيثانول بنسبة 10% بالإضافة الى اجراء برامج تجريبية لخليط الديزل الحيوي بنسبة 2% و5%. بالنسبة لليابان، يستخدم الايثانول في المقام الأول لصنع ETBE بينما يتم مزج وقود الديزل الحيوي بمستوى 5% (85) لاستخدامه في السيارات والحافلات والشاحنات.

أولا: معيار الوقود منخفض الكربون (LCFS)

تركز السياسات من نوع LCFS على تقليل CI لوقود النقل بدلا من فرض متطلبات مزج او حجم محددة، وقد نجحت هذه السياسات في تشجيع انتاج واستخدام الوقود الحيوي الذي يحتوي على نسبة منخفضة من الكلور، وخاصة في قطاعات مثل الطيران والبحرية. على رغم من ان الولايات المتحدة وكندا والبرازيل تعمل على تطوير سياسات وطنية لتشجيع اعتماد الوقود الحيوي في سياساتها "التمكينية". ومع ذلك، فان تحديد CI للوقود الحيوي ليس بالأمر السهل.

ثانيا: تقييمات دورة الحياة (LCA)

يستخدم تقييم دورة الحياة عادة لتقييم الاستدامة والأداء البيئي للوقود الحيوي طوال دورة حياة انتاجه بأكملها. يضمن LCA الفعال الامتثال للوائح، بدءا من انتاج المواد الأولية وحتى استخدام الوقود الحيوي، غالبا ما يحقق الوقود الحيوي المشتق من النفايات (مثلUCO) او المخلفات (مثل النفايات الصلبة البلدية (MSW)) تخفيضات كبيرة في انبعاثات غازات الدفيئة او حتى انبعاثات سلبية. انشات منظمة الطيران المدني الدولي خطة تعويض الكربون وخفضه في الطيران الدولي (CORSIA) لوضع إطار عالمي للاستدامة للوقود وإصدار الشهادات له. ومع ذلك، فان مقارنة نتائج دورة الحياة بين النماذج يمثل تحديا، ويرجع ذلك أساسا الى اختلاف الافتراضات والمسارات والمواد الأولية والقيم الافتراضية والظروف الإقليمية وما الى ذلك، التي تم دمجها في النموذج. على الرغم من هذه التحديات، لايزال يتم استخدام نماذج LCA مثل GREET (US RFS، (CA-LCFS في الولايات المتحدة وGHGenius في كندا (BC-LCFS) لتقييم الكلور في أنواع الوقود الحيوي المختلفة.

ثالثا: المعالجة المشتركة للأعلاف الحيوية في مصافي النفط القائمة

يتم حاليا انتاج الوقود المشترك المعالجة، والذي يجمع بين المواد الأولية الحيوية ذات المحتوى المنخفض من الكلور (مثل UCO) والوقود الاحفوري، على نطاق تجاري في العديد من البلدان الأعضاء في المهمة 39 للوكالة الدولية للطاقة الحيوية، وقد عززت سياسات مثل CA-LCFS وbc-lcfs وCFRs الكندية المعالجة المشتركة كخيار امتثال مجد اقتصاديا لمصافي النفط، تقوم وكالة حماية البيئة الامريكية (EPA) حاليا بمراجعة الموافقة على المعالجة المشتركة حتى تتمكن من انشاء ارقام تعريف متجددة (RINs) كجزء من برنامج RFS.

رابعا: الحوافز الضريبية والائتمانيات

وقد تم استخدام الحوافز الضريبية لتعزيز تطوير واستخدام الوقود الحيوي كجزء من الجهود التي تبذلها مختلف البلدان للانتقال نحو قطاع نقل أكثر استدامة ومنخفض الكربون. ويختلف مدى وطبيعة هذه الحوافز من بلد الى اخر. على سبيل المثال، قامت بعض الدول مثل الولايات المتحدة والبرازيل وكندا واليابان بتنفيذ حوافز ضريبية كبيرة وتمويل لدعم مبادرات الوقود الحيوي. وفي البرازيل، يشجع برنامج RENOVABIO انتاج الوقود الحيوي والادماج الاجتماعي من خلال الإعفاءات الضريبية والحوافز للديزل الحيوي، بينما في كندا، يتم منح معاملة ضريبية تفضيلية للوقود المنخفض الكربون الذي يستخدم في مختلف تطبيقات توليد الطاقة. في اليابان، يتم تطبيق إعفاءات ضريبية على البنزين وحالة الاعفاء من الرسوم الجمركية على الايثانول الحيوي، بينما في الصين، يتم فرض ضريبة على الايثانول الحيوي والديزل الحيوي بنسبة 90% من مستويات الضرائب العادية. على الرغم من ان المانيا لا تقدم تخفيضات ضريبية لاستخدام الوقود الحيوي في النقل البري، فقد تم فرض ضريبة على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون ضمن قانون تداول انبعاثات الوقود. تقدم النمسا اعفاء ضريبي لنسبة الوقود الحيوي المستخدم في الوقود، ولدى هولندا نظام تجاري ائتماني يعتمد على التزام RED.في نيوزيلندا، يعتبر عنصر البلويثانول الموجود في وقود النقل معفيا من الضرائب. ومع ذلك، لا تنطبق هذه الإعفاءات على أنواع الوقود الحيوي الأخرى مثل وقود الديزل.

خامسا: التمويل ومنح الحوافز

وفي الولايات المتحدة، خصصت مبادرات مثل IRA و SAF Grand Challengeالتمويل للبحث والابتكار وتطوير البنية التحتية لتحفيز انتاج واستيعاب تقنيات الطاقة النظيفة. تقدم بعض الولايات، مثل كاليفورنيا واوريجون وواشنطن والينوي، اعتمادات لإنتاج واستخدام القوات المسلحة السودانية (SAF)، بناء على الكلور الموجود في الوقود، وقد قدمت كندا الدعم المالي من خلال قروض منخفضة الفائدة ومنح لدراسات الجدوى وتمويل تطوير البنية التحتية.

تتم إدارة ذلك من خلال مبادرة Net-Zero Accelerator التي تهدف الى تعزيز سوق الوقود النظيف والبدائل منخفضة الكربون. لدى البرازيل برامج تمويل محددة للطاقة الحيوية الاستدامة، مثل Renovabio Line وFundo Clima ، بينما تقدم المانيا التمويل الذي يركز في المقام الأول على الوقود الحيوي المتقدم وتطوير الوقود الالكتروني. في النمسا، يتوفر التمويل للبحث والتطوير وبناء المصانع المتعلقة بالوقود المستدام من المواد الأولية غير الغذائية.

سادسا: الاستدامة

تتضمن الاستدامة عادة اعتبارات بيئية واقتصادية واجتماعية، وهي عنصر أساسي في العديد من سياسات الوقود الحيوي. على سبيل المثال، تستبعد الولايات المتحدة المواد الأولية المشتقة من النخيل في محاولة لتقليل التأثيرات المترتبة على استخدام الأراضي، ومع قلق برنامج RED التابع للاتحاد الأوروبي بشأن التنوع البيولوجي والحفاظ على مخزون الكربون، فان العديد من الدهون النباتية لا يمكن استخدامها لصنع الوقود الحيوي، ويعتمد برنامج Renovabio التابع لشركة RI في البرازيل الوقود الحيوي على أساس معايير استدامة مختلفة، في حين تشعر العديد من البلدان، مثل اليابان والصين، بالقلق بشأن المخاوف المتعلقة بالغذاء مقابل الوقود وتخطط لتطوير سياسات الوقود الحيوي التي تحقق مستقبلا متوازنا ومستداما. (IEA Bioenergy , The BC-Smart Low Carbon Fuels Consortium , BC Bioenergy Network, 2023)

المطلب الخامس: كفاءة الوقود الحيوي كمصدر للطاقات المتجددة.

تعد الطاقة أحد التحديات الحرجة التي تواجه عالمنا في الوقت الحاضر، فهي تعتبر أحد القطاعات الحيوية الهامة في جميع الدول كونها تعبر عن العمليات التنموية، غبر أن التطور والنمو الاقتصادي الذي شهده العالم في العقود القليلة الماضية والسنوات الأخيرة على وجه التحديد، وما نتج عنه من استنزاف مفرط للموارد الطبيعية من جهة وتلوث بيئي خطير من جهة أخرى، أصبحت جميع الدول مقتنعة بأهمية معالجة المشاكل البيئية، وهو ما أدى لظهور مفهوم التنمية المستدامة الذي يعبر عن نمط تنموي يمتاز بالعقلانية و الرشد، و من بين أهم الموارد الطبيعية المشكلة لهذا النمط هي الطاقات المتجددة، و هي تلك الطاقة التي تتجدد مصادرها باستمرار (فريدة، 2019).

إن لتقنيات استخراج الوقود الأحفوري ونقله ومعالجته أضرارا على البيئة، حيث تعدد الغازات والشوائب التي تتصاعد إلى الهواء نتيجة إحراق الوقود في المصانع ومحطات الكهرباء.

حيث يرتبط تحقيق التنمية الاقتصادية والاجتماعية المستدامة بمدى توفر مصادر الطاقة بصفة كافية ومنتظمة ويتطلب ذلك توفير خليط متوازن من مصادر الطاقة التقليدية والمتجددة، والحد من الآثار الضارة على البيئة وصحة الإنسان والناجمة عن إنتاج الطاقة واستهلاكها. (الغايش عبد الجليل و عزمي محمد، 2019) .

إن من أهداف التنمية المستدامة 2030 التي أقرتها الأمم المتحدة استخدام الطاقات المتجددة، حيث يلعب الوقود الحيوي دورا متناميا في قطاع النقل البري في عدد من الدول خاصة المتقدمة منها. ووصلت نسبة الزيادة العالمية في الإنتاج عام 2017 إلى 2،5 % عن العام السابق.

كما يوجد اهتمام متنامي بشأن استخدام الوقود الحيوي في قطاع النقل الجوي، خاصة بعد قرار الجمعية العامة لمنظمة الأمم المتحدة الدولية للطيران المدني.

إن صفة التجدد واستدامة الإمداد تجعل من الوقود الحيوي محل اهتمام المهتمين بشؤون الطاقة.

إن تحقيق الأمن الطاقوي والمحافظة على البيئة والموارد الطبيعة الناضبة من بين الأسباب الوجيهة للاعتماد على الطاقات المتجددة.

وقد اكتسبت الكتلة الحيوية، المشتقة من المواد العضوية مثل النباتات والأشجار والمخلفات الزراعية، اهتماما كبيرا كمصدر للطاقة المتجددة في السنوات الأخيرة ويحمل هذا النوع من الطاقة إمكانات هائلة في الحد من انبعاثات الغازات الدفيئة والتخفيف من تغير المناخ، مما يجعله عنصرا حاسما في أنظمة الطاقة المستدامة.

لتحقيق اقصى قدر من الكفاءة والاستدامة لأنظمة طاقة الكتلة الحيوية، ينبغي ان تؤخذ بعض الاعتبارات في الاعتبار، أولا من الأهمية ضمان مكان المصادر المستدامة للمواد الخام للكتلة الحيوية لمنع إزالة الغابات واستنزاف الموارد الطبيعية. ثانيا، تحسين تقنيات الاحتراق واعتماد أنظمة متقدمة للتحكم في الانبعاثات يمكن ان يعزز كفاءة تحويل الطاقة ويقلل من تلوث الهواء. وأخيرا، يمكن ان يؤدي تعزيز أنظمة طاقة الكتلة الحيوية اللامركزية الى تقليل خسائر النقل وزيادة مرونة الطاقة المحلية. (انتاج الكتلة الحيوية: تسخير الكتلة الحيوية للطاقة في انظمة الحراجة الزراعية، 2024)

يشهد سوق الديزل الحيوي العالمي نموا كبيرا بسبب الحاجة الملحة لمكافحة تغير المناخ، تقوم العديد من الدول بتنفيذ تشريعات بيئية صارمة، تشجع على استخدام الوقود النظيف، وبالتالي تحفيز الطلب على المنتج. علاوة على ذلك، أدت التقدمات التكنولوجية في طرق انتاج الديزل الحيوي الى جعله أكثر فعالية من حيث التكلفة والكفاءة، مما اعطى دفعة لنمو السوق، تساهم تطوير مواد خام من الجيل الثاني والثالث للديزل الحيوي، مثل الطحالب والكتلة الحيوية الفائضة في خلق فرص جديدة لخيارات الوقود المستدام. تضمن مثل هذه الابتكارات عمرا أطول لمحركات الديزل الحيوي وتسهم في تحسين كفاءة الوقود. إضافة الى ذلك، تعمل الدفعة العالمية نحو امن الطاقة وتقليل الاعتماد على الوقود الاحفوري على تسريع اعتماد الديزل الحيوي، تلعب الحوافز الحكومية والمزايا الضريبية والدعم المالي دورا كبيرا في تشجيع انتاج واستهلاك الديزل الحيوي. يتم تكميل هذا بزيادة الوعي بين المستهلكين بشأن فوائد الديزل الحيوي البيئية، وكذلك دوره في تقليل الاعتماد على النفط الأجنبي، يجعل تنوع الديزل الحيوي منه خيارا في قطاعات مختلفة

مثل النقل والزراعة وتوليد الطاقة والعمليات الصناعية، تجعل خصائصه الصديقة للبيئة، مثل تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والملوثات الضارة الأخرى، منه خيارا مفضلا للمبادرات الخضراء علاوة على ذلك، الديزل الحيوي قابل للتحلل البيولوجي وغير سام، مما يزيد من مزاياه البيئية. مع تقدم تكنولوجيا المواد الخام والعمليات الإنتاجية الفعالة، تحسنت نوعية الديزل الحيوي بشكل كبير، مما يوفر كفاءة احتراق اعلى وتقليل التآكل في المحرك، بالإضافة الى ذلك، الاهتمام المتزايد بالممارسات المستدامة بين الشركات يدفعهم نحو اعتماد الديزل الحيوي في عملياتهم. تقوم الشركات بدمج الديزل الحيوي في أهدافها المستدامة بشكل متزايد معترفة بالفوائد البيئية والتوفير المحتمل في المدى الطويل بسبب تحسين الأداء. (سوق الديزل الحيوي: التوجهات العالمية للصناعة, الحصة, الحجم, النمو, الفرصة وتوقعات الفترة 2023-2028، 2023)

المطلب السادس: آفاق استخدام الكتلة الحية كطاقة متجددة.

على المدى القرن الماضي، اعتمد الطلب العالمي على الطاقة في المقام الأول على الوقود الاحفوري وقد ساهم ذلك في استنزاف الموارد غير المتجددة، بالإضافة الى ذلك، ارتبط تدهور البيئة بالتطور والنمو الحضاري على سبيل المثال: يرتبط تلوث الأراضي بشكل مباشر بزيادة تسويق الأراضي والتوسع الحضري، ان المزايا التي يوفرها الوقود الحيوي تجعله بديلا قابلا للتطبيق للوقود الاحفوري التقليدي، ويلعب الوقود الحيوي دورا كبيرا في مكافحة تغير المناخ وتامين احتياجات الكوكب من الطاقة في المستقبل. ومع ذلك، فان موضوع التغيير غالبا ما يكون العائق الرئيسي امام صناعة الوقود، الشركات التي كانت تشعر بالارتياح منذ فترة طويلة مع الوقود الاحفوري المتاحة بسهولة لا تزال تثني عن استخدام الموارد غير المتجددة، هناك حاجة ملحة للدول لإنتاج مصادر الطاقة البيئية والاقتصادية، ويمكن تحقيق ذلك من خلال التعاون في صنع السياسات الحكومية والاجتماعية والتجارية. خلاصة القول، ان الهدف على المدى الطويل هو تطوير مصدر طاقة بديل ومستدام للاستهلاك المستقبلي، ولتحقيق ذلك يجب على الجميع التأكد من ان أصحاب المصلحة المختلفين (الاجتماعية والبيئية والتجارية والحكومية) مفيدون ومستديمون لبعضهم البعض، وهكذا فان الوقود الحيوي في طريقه ليصبح الحل المستقبلي لتحقيق امن الطاقة في العالم.

قدمت الدراسات الحديثة الوقود الحيوي كحل لتحقيق اهداف التنمية المستدامة واقتصاد صافي الانبعاثات بحلول عام 2050:

- يستخدم الوقود الحيوي دورة الكربون على كوكب الأرض لتقليل انبعاثات الغازات الدفيئة الناتجة عن وسائل النقل والعمليات الصناعية وغيرها من العمليات التجارية.
- لان الوقود الحيوي مستمد من مصادر نباتية متجددة، فانه يشجع برامج التنمية الجارية في مجالي الغابات والزراعة.
- يستخدم الوقود الحيوي المتقدم، المشتق من موارد الطاقة غير الغذائية، مواد النفايات من الكتلة الحيوية لإنتاج الوقود الحيوي ذو كثافة طاقة اعلى. (Adam, 2021)

ان مستقبل الوقود الحيوي مشرق، مع وجود افاق مليئة بالأمل في الأفق يمكن ان تساعدنا في تقليل انبعاثات الكربون وتحسين بيئتنا للأجيال القادمة. ستؤدي الأبحاث المستمرة والتقدم التكنولوجي الى عمليات أكثر كفاءة وبأسعار معقولة لإنتاج الوقود الحيوي.

- ومن خلال التقدم في الهندسة الوراثية والبيولوجيا التركيبية، هناك إمكانية لإنتاج محاصيل وكائنات دقيقة عالية الإنتاجية ومنخفضة المدخلات لاستخدامها في انتاج الوقود الحيوي، وتجري الأبحاث أيضا بحثا عن مواد أولية جديدة بما في ذلك الطحالب التي ستكون مصدرا ممتازا للمواد بسبب القدرة على زراعتها بكميات كبيرة في الأراضي غير الصالحة للزراعة، وهذا من شانه ان يقلل من المنافسة على المساحة اللازمة لزراعة المحاصيل الغذائية، وهو أحد التحديات الرئيسية التي تواجه الوقود الحيوي.
- ومع زيادة الأبحاث والتمويل في تطوير الطاقة المتجددة، كلما زاد احتمال انتاج الوقود الحيوي بشكل لا مركزي، وهذا من شانه ان يمكن المجتمعات المحلية من تقليل اعتمادها على مصادر الطاقة المركزية وتوليد الطاقة الخاصة بها بدلا من ذلك.
- سيصبح مستقبل النقل وتزويد الصناعة بطاقة أكثر نظافة وأكثر فعالية من حيث التكلفة، مما يساعد الشركات على العمل بشكل أفضل وكذلك بيئتنا. الوقود الحيوي، إذا تم التعامل مع التحديات والمخاوف، يمكن ان يصبح المصدر الرئيسي للطاقة لدينا، من تدفئة المنازل الى تشغيل الات البناء وكل شيء اخر بينهما. (Revolutionising Energy: A Dive into the World of Biofuels, 2024)

النمو المحتمل للطاقة الحيوية بحلول عام 2050: تعتمد كمية الكتلة الحيوية اللازمة للطاقة المتاحة تقنيا في المستقبل على تطور العديد من العوامل الاجتماعية والسياسية والاقتصادية.

- نظرا لعدم وجود منهجية موحدة لتقدير الإمكانات التقنية للطاقة الحيوية، توجد تقديرات متباينة تفترض معظم الدراسات الحديثة التي تقدر إمكانات الطاقة الحيوية التقنية "مبدا الغذاء/الالياف أولا" وتستبعد إزالة الغابات، مما يؤدي في النهاية الى تقدير "إمكانات الطاقة الحيوية المستدامة بيئيا" عند اخذ مجموعة شاملة من القيود البيئية في الاعتبار.
- تمتد التقديرات الأخيرة لإمكانات الطاقة الحيوية التقنية العالمية في عام 2050 ضمن نطاق يصل الى ثلاثة مستويات تقريبا، من اقل من 50 اكساجول/السنة الى أكثر من 1000 اكساجول/السنة، تتفق معظم الدراسات على ان إمكانات الطاقة الحيوية التقنية في عام 2050 تبلغ على الأقل حوالي 100 اكساجول/السنة، مع بعض افتراضات النمذجة التي تؤدي الى تقديرات تتجاوز 500 اكساجول/السنة.
- تشير توقعات منظمة الأغذية والزراعة، استنادا الى الاتجاهات السكانية والغذائية، الى زيادة صافية في الأراضي المستخدمة لزراعة المحاصيل الغذائية بحلول عام 2050 بنحو 70 مليون هكتار نتيجة لزيادة مساحة الأراضي المزروعة في البلدان النامية بمقدار 130 مليون هكتار وانخفاض قدره أكثر من 60 مليون هكتار في الدول المتقدمة.
- من حيث التوافر، تقدر الأراضي المتاحة للزراعة البعلية ب 1.4 هكتار من الأراضي "الرئيسية والجيدة" و1.5 هكتار أخرى من الأراضي الهامشية "الاحتياطية والصالحة للاستخدام".
- تمثل الكتلة الحيوية اللجنوسليلوزية في شكل محاصيل الطاقة والنفايات الزراعية ومخلفات الغابات المصدر الأكثر وفرة للكتلة الحيوية المتجددة ومن المسلم به على نطاق واسع انها المادة الأولية المستقبلية لصناعة الوقود الحيوي والصناعات الحيوية، ولكن تلبية احتياجات الطاقة في المستقبل باستخدام مواد أولية عالية الإنتاجية سوف تتطلب التوسع في البحوث الزراعية

وتجارب التربية على الأراضي الهامشية (وربما الأراضي غير المناسبة لإنتاج المحاصيل الغذائية)، فضلا عن تطوير سلاسل التوريد الفعالة من حيث التكلفة. (joaquim E.A.Seabra, 2021)

المبحث الثاني: ماهية الامن الغذائي

المطلب الأول: مفهوم الامن الغذائي

وفقا لما خلص اليه مؤتمر القمة العالمية للأغذية الذي عقد في عام 1996، يتم تعريف الامن الغذائي بانه وضع يتحقق عندما يتمتع جميع الناس، في جميع الأوقات، بإمكانية الحصول المادي والاقتصادي على أغذية كافية وسليمة ومغذية تلبي احتياجاتهم الغذائية وافضلياتهم الغذائية من اجل حياة نشطة والصحية.

الفرع الأول: الابعاد الأربعة الرئيسية للأمن الغذائي

أولا: التوفر المادي للغذاء: يتناول التوفر الغذاء "جانب العرض" من الامن الغذائي، ويتحدد حسب مستوى انتاج المواد الغذائية، ومستويات المخزون، وصافي التجارة فيها.

ثانيا: الحصول المادي والاقتصادي على المواد الغذائية: ان العرض الكافي من المواد الغذائية على المستوى الوطني او الدولي لا يضمن في حد ذاته تحقيق الامن الغذائي على مستوى الاسر، وقد أدت المخاوف بشأن عدم كفاية الحصول على المواد الغذائية الى التركيز السياسات على نحو أكبر على الدخل والاتفاق والأسواق والأسعار في تحقيق الأهداف المتعلقة بالأمن الغذائي.

ثالثا: الاستفادة من المواد الغذائية: تفهم الاستفادة بصفة عامة على انها الطريقة التي يحقق بها الجسم اقصى استفادة من العناصر الغذائية المختلفة التي تحتوي عليها المواد الغذائية، ويعد تناول الافراد ما يكفي من العناصر الغذائية التي تمدهم بالطاقة والمغذيات نتيجة للرعاية الجيدة وممارسات التغذية، وطريقة اعداد الطعام، وتنوع النظام الغذائي، وتوزيع الطعام داخل الاسرة، والى جانب الاستفادة البيولوجية الجيدة من المواد الغذائية التي يتم تناولها، فان هذا الامر يحدد حالة التغذية لدى الافراد.

رابعا: استقرار الابعاد الثلاثة الأخرى بمرور الوقت: حتى لو كانت كمية الطعام التي يتناولها الشخص كافية اليوم، فلا يزال ينظر اليه على انه يعاني من انعدام الامن الغذائي إذا لم تكن لديه القدرة الكافية على الحصول المواد الغذائية بصفة دورية مما يعرضه لخطر تدهور حالته الغذائية، وربما يكون للأحوال المناخية السيئة، او عدم الاستقرار السياسي، او العوامل الاقتصادية (البطالة، والأسعار والمواد الغذائية الاخذة في الارتفاع) تأثير على حالة الامن الغذائي.

ومن اجل تحقيق اهداف الامن الغذائي، يجب تحقيق جميع الابعاد الأربعة في ان واحد. (مجموعة البنك الدولي، 2024)

الفرع الثاني: تعاريف الامن الغذائي

اولا: تعريف منظمة الأغذية الزراعية FAO للأمن الغذائي: جاء في المنظمة الامن الغذائي على انه " يتوفر عندما تتاح لجميع الناس في جميع الأوقات ولفرص المادية والاجتماعية والاقتصادية للحصول على غذاء كاف ومأمون ومغذي، ويلي احتياجاتهم التغذوية واذواقهم الغذائية ويكفل ان يعيشوا حياة موفورة الصحة والنشاط".

ثانيا: تعريف المنظمة العربية للتنمية والزراعة (AOAD) للأمن الغذائي: حددت المنظمة العربية للأمن الغذائي مفهوما يتمثل في:" توفير الغذاء بالكمية والنوعية اللازمة للنشاط والصحة بصورة مستقرة لكل الافراد، اعتمادا على الإنتاج المحلي أولا، وعلى أساس الميزة النسبية لإنتاج السلع الغذائية لكل قطر واتاحته للمواطنين بالأسعار التي تتناسب مع دخولهم وامكانياتهم المادية". (خير الدين، 2018 - 2019)

ومما سبق فان مفهوم الامن الغذائي الحديث ينطوي على 5 اركان أساسية، هي: أولا، توفير المواد الغذائية الأساسية لجميع السكان سواء من الانتاج المحلي او من السوق العالمي، وتشمل: الحبوب، اللحوم، الأسماك، الزيوت، السكر، الخضروات، الفواكه والحليب. ثانيا، استقرار المعروض من المواد الغذائية على مدار السنة، بالإضافة الى ذلك تامين مخزون من المواد الأساسية القابلة للتخزين، مثل: الحبوب والزيوت والسكر بحجم يكفي لمدة 4 الى 6 أشهر على الأقل. ثالثا، اتاحة المواد الغذائية لجميع السكان بأسعار تتناسب مع دخلهم. رابعا، اتاحة المواد الغذائية وفق المواصفات المعتمدة دوليا لتحقيق سلامة الغذاء. وأخيرا، اتخاذ إجراءات لمساعدة الفقراء، لتامين كفايتهم من المواد الغذائية الأساسية. كما انه، ويمكن التمييز بين مستويين للأمن الغذائي مطلق ونسبي: مستوى الامن الغذائي المطلق والذي يقصد من خلاله قدرة الدولة الواحدة على انتاج الغذاء بما يعادل او يفوق الطلب المحلي، وهذا المستوى مرادف لمفهوم الاكتفاء الذاتي الكامل، ويعرف أيضا بالأمن الغذائي الذاتي. ومن الواضح ان مثل هذا التحديد المطلق والواسع لمفهوم الامن الغذائي توجه له انتقادات كثيرة، إضافة الى انه غير واقعي، كما انه يفوت على الدولة المعنية إمكانية الاستفادة من مزايا التجارة الدولية القائمة على التخصص وتقسيم العمل واستغلال المزايا النسبي. والثاني، مستوى الامن الغذائي النسبي، ويقصد به قدرة الدولة على توفير احتياجات مجتمعهم من السلع الغذائية الأساسية كليا او جزئيا، وضمان الحد الأدنى من تلك الاحتياجات بانتظام، وبناء على هذا التعريف السابق فان مفهوم الامن الغذائي النسبي يقصد به أساسا توفير المواد اللازمة لتوفير الاحتياجات' من خلال منتجات أخرى يتمتع فيها القطر المعني بميزة نسبية على الأقطار الأخرى. (نور الدين و عمر، 2014)

المطلب الثاني: العوامل المؤثرة في الامن الغذائي

الفرع الأول: العوامل الديموغرافية

يعد التزايد السكاني من أبرز العوامل المؤثرة في قضية الامن الغذائي، فهو يشكل ضغطا على الموارد الطبيعية، مما ينعكس بأشكال سلبية متعددة كالجفاف، التلوث، ازمة الطاقة، قلة الغذاء، ارتفاع الأسعار والمجاعة، كما ان هذه الزيادة في عدد السكان تستدعي بالضرورة الزيادة في الإنتاج الفلاحي لتلبية احتياجاتهم من الغذاء. (جناد، 2023)

يعد عدم مسايرة الإنتاج الزراعي للنمو الديمغرافي من أبرز العوامل المباشرة التي تؤثر سلبا على الامن الغذائي، حيث بلغت نسبة النمو السكاني في العالم حوالي 1.1% سنويا. وفي هذا السياق ينبغي القول بان زيادة عدد السكان تتطلب بالضرورة زيادة الإنتاج

الزراعي للوفاء باحتياجاتهم من الغذاء، وبذلك فالأعباء تقع مباشرة على العاملين بالقطاع الزراعي. حيث شهدت البلدان النامية موجة نزوح سكان الأرياف الى المدينة مما قلص من مساحة الأرض المزروعة نتيجة الاقتطاع من الموارد الطبيعية الزراعية للوفاء باحتياجاتهم الجديدة مما أدى الى تراجع أداء القطاع الزراعي، فزيادة عدد سكان الحضر سيؤدي بالضرورة زيادة الطلب على الغذاء يقابله نقص في العرض، مما سيدفع تلك الدول الى الاستيراد لتامين احتياجات سكانها من الغذاء بدلا من اتباع سياسة توسعية افقية او عمودية. (مبروك، 2022-2023)

الفرع الثاني: العوامل السياسية

أولا: يرتبط الامن الغذائي ارتباطا وثيقا بالعوامل السياسية التي يمكن ان تعززه او تهدده في ان واحد حيث تمثل هذه السياسات:

- السياسات الزراعية: وهي السياسات التي تحدد انتاج وتوزيع الغذاء.
- الفساد: يؤثر الفساد من خلال تحويل الموارد المخصصة للأمن الغذائي.
- الصراعات السياسية: حيث انها تعيق الوصول الى الغذاء وتؤثر على الإنتاج أيضا. (كيف تؤثر العوامل السياسية والديموغرافية والاجتماعية والثقافية في الامن الغذائي، 2024)
- الاستقرار السياسي: يرتبط الاستقرار السياسي ارتباطا وثيقا بالأمن الغذائي، ذلك لأنه يؤثر بدرجة كبيرة في تحقيق التنمية الزراعية وعلى استدامتها، من خلال توفيره للظروف المناسبة للحكومة ومؤسساتها والزراع افرادا ومؤسسات للقيام بنشاطهم التنموي بصورة إيجابية. وعليه، يعد عدم الاستقرار السياسي من بين العقبات، التي تواجهها بعض الدول التي تسعى الى تحقيق امنها الغذائي، وخاصة في ظل التطورات العالمية الأخيرة، فالمشاكل السياسية تؤثر بشكل مباشر على الوضع الغذائي لتلك الدول وخاصة ما يحدث في بعض البلدان العربية. (مبروك، 2022-2023)

ثانيا: كما تلعب السياسات الدولية دورا حاسما في تشكيل الامن الغذائي في جميع انحاء العالم، ومن الاتفاقيات التجارية الى الإعانات الزراعية، ويمكن ان يكون لهذه السياسات اثار بعيدة المدى على الوصول الى الغذاء المغذي واستقرار النظم الغذائية.

- كثيرا ما تملي اتفاقيات التجارة تدفق الأغذية عبر الحدود، مما يؤثر على توافرها والقدرة على تحمل تكلفتها في البلدان المستوردة والمصدرة على حد سواء.
- يمكن للإعانات ان تحفز انتاج محاصيل معينة، مما يؤدي الى انحراف السوق والتأثير على تنوع الأغذية المتاحة.
- يمكن ان تؤثر الأنظمة البيئية على الممارسات الزراعية، مما يؤثر على الإنتاجية والاستدامة.
- يمكن للاستثمار في البنية التحتية، مثل الطرق ومرافق التخزين، ان يحسن توزيع الغذاء ويقلل الهدر.
- يمكن للصراعات والتوترات الجيوسياسية ان تعطل سلاسل الامدادات الغذائية، مما يؤدي الى نقص الأغذية وارتفاع الأسعار في المناطق الضعيفة. (كيف تؤثر العوامل السياسية والديموغرافية والاجتماعية والثقافية في الامن الغذائي، 2024)

الفرع الثالث: العوامل المناخية

نظرا لخطورة التغير المناخي على الامن الغذائي، أطلق عليه اسم الكارثة الزاحفة من طرف احد الباحثين وهو "كون سمرهايس" وارتبط مفهوم التغير في درجات الحرارة ارتباطا وثيقا بالتغير المناخي، وحيث ان التغير في درجات الحرارة شكل مهم من اشكال التغير المناخي، فقد كان هذا كافيا لإثارة اهتمام علماء المناخ في الآونة الأخيرة، بموضوع التغير الحراري وقاموا بمحاولات جادة لتحديد طبيعة هذه التغيرات ومعرفة أسبابها، والتغير الحراري يعني التغير في متوسطات درجات الحرارة لمدة طويلة تدوم عقودا، ويعزى بشكل مباشر او غير مباشر الى النشاط البشري الذي اوغل من خلال النشاط الصناعي، ومظاهر النشاط البشري الأخرى، في تدمير البيئة.

ومن خلال هذا التعريف، نلاحظ ان التغير المناخي يرتبط ارتباطا وثيقا بالتقلبات الحرارية التي تدوم فترة طويلة، والمتسبب فيها هو النشاط الصناعي الذي يقوم به البشر، والذي من شانه ان يسهم في اختلال التوازنات البيئة، مما يؤثر بالسلب على الإنتاج الزراعي ومردوديته.

وفي هذا السياق يجب إدراك ان الإنتاج الزراعي يرتبط بالظروف الجوية السائدة في كل دولة، اذ ان كل تقلب جوي قد يؤثر على العملية الإنتاجية ولقد سادت في الآونة الأخيرة مخاوف كبيرة من مشكلة التغير المناخي لما في ذلك من عواقب اجتماعية وبيئية واقتصادية. (مبروك، 2022-2023)

يرتبط الإنتاج الفلاحي للدول بالظروف الجوية السائدة بها من امطار وحرارة وغيرها، فأي تقلب جوي قد يؤثر على العملية الإنتاجية كإتلاف المحاصيل الفلاحية، خاصة مع مشكلة التغير المناخي الناتج عن الاحتباس الحراري والذي شكل مخاوف كبيرة في الآونة الأخيرة، وذلك لما يترتب عنه من عواقب اجتماعية وبيئية واقتصادية يكون لها تأثير سلبي على استقرار الدول خاصة التي تعتمد على الاستيراد في تحقيق امنها الغذائي. (جناد، 2023)

الفرع الرابع: العوامل التكنولوجيا

لم يعد الهدف من الإنتاج الزراعي الكم فقط، بل توجه الاهتمام نحو التركيز على النوعية كذلك و تطوير و ترقية مواصفات المنتوج، وهذا بالاعتماد على التكنولوجيا الحيوية الحديثة، و في هذا الاطار فلقد عرف الاتحاد الأوروبي التكنولوجيا الحيوية بانها الاستخدام المتكامل للعلوم الطبيعية مثل: البيولوجيا، والكيمياء، والفيزياء، والعلوم الهندسية (مثل الالكترونيات) بواسطة تطبيقات النظم الحيوية، في شكل خلايا ذات اصل ميكروبي او نباتي او حيواني، في الصناعات الحيوية بغرض امداد المجتمع الحيوي بمنتجات و خدمات مرغوبة. (مبروك، 2022-2023)

التكنولوجيا الحيوية الحديثة التي تساعد على تحسين استثمار الماء و التربة الفلاحية' والتي عرفتها الفاو على انها: "تقنية تستخدم كائنا حيا لصنع منتج او تعديله، و ادخال تحسينات على النباتات و الحيوانات او تطوير كائنات مجهرية توجه لاستخدامات نوعية محددة" ، حيث ان البحث العلمي في مجال الزراعة يهدف الى تحسين الإنتاج الفلاحي و اختيار طرائق الإنتاج الأفضل و الأكثر اقتصادا بما يتناسب و ظروف البلد و طبيعته، كما يفتح له آفاقا جديدة لكشف مصادر غذائية متنوعة، واعتماد منتجات ذات مواصفات وراثية جديدة و زيادة الكفاءة الاقتصادية و الانتاجية للأنواع النباتية، وهذا ما تفتقر اليه الدول التي تعاني من انعدام الامن الغذائي نظرا لمحدودية تطبيق الأساليب الفلاحية الحديثة بها. (جناد، 2023)

الفرع الخامس: العوامل المادية والمالية

ان رفع القدرات الإنتاجية للقطاع الزراعي وتوسيع الطاقة الإنتاجية من المواد الغذائية تتوقف على توفير الاستثمارات اللازمة لتمويل عملية التنمية الزراعية، فبالرغم من أهمية القطاع الزراعي في الدول النامية، الا ان حجم الاستثمارات بهذا القطاع ضعيفة، وبذلك يجب العمل على توفير الاستثمارات اللازمة لتامين مدخلات الإنتاج الزراعي من مكننة واسمدة وبذور ومبيدات حشرية، بالإضافة الى تطوير البنية التحتية من طرق وجسور ووسائل النقل المختلفة.

وعليه فالدول النامية مطالبة اليوم أكثر من أي وقت مضى، بالنهوض بالقطاع الزراعي، والاستثمار كذلك في الصناعات الغذائية، الامر الذي من شأنه ان يخلق مناصب عمل جديدة ودائمة، والذي ينعكس كذلك إيجابا على القدرة الشرائية، وعلى الوفرة النسبية للغذاء.

ولقد مكنت الوفرة النسبية للغذاء من تحسين الوضعية الغذائية لقرابة أربعة مليار من مجموعة ستة مليار من البشر، فيما يبقا مليار نسمة يعانون من نقص خطير في الغذاء، منهم 800 مليون نسمة يعانون المجاعة المزمنة، وهذه الوضعية تطرح تساؤلا عن الأسباب التي أدت الى تفاقمها في ظل الظروف الاقتصادية البيئية الحالية والمستقبلية.

الفرع السادس: الوقود الحيوي

ولقد برزت في السنوات الأخيرة ظاهرة انتاج الوقود الحيوي من المحاصيل الغذائية، حيث خلق منافسة بين الغذاء والوقود، ويرجع هذا الى سياسات الدول التي تقوم بدعم التوسع في انتاجه ومن بينها الولايات المتحدة الامريكية والبرازيل والهند والاتحاد الأوروبي.

كما ينبغي الإشارة الى ان الولايات المتحدة الامريكية، والبرازيل تسيطر على نسبة 85% من انتاج الايثانول، في حين يتصدر الاتحاد الأوروبي وأمريكا على انتاج الديزل وهذا بنسبة 76% من الإنتاج العالمي، واستخدام المنتجات الزراعية في انتاج الوقود الحيوي مخاطرة جديدة على الامن الغذائي وتحديات جديدة للفقراء، الذين هم بأمس الحاجة للغذاء، فالجوع كان ولا يزال يتسبب بالعديد من الوفيات في العديد من الدول. (مبروك، 2022-2023)

المطلب الثالث: مؤشرات الامن الغذائي

الفرع الأول: مؤشرات الامن الغذائي العالمي

يعكس مؤشر الامن الغذائي العالمي الذي تصدره وحدة المعلومات الاقتصادية وضعية الامن الغذائي في العالم، والذي يتوفر على مؤشرات رئيسية للأمن الغذائي تساعد على توجيه سياسات الامن الغذائي والتغذية وتحديد أولوياتها وكذا تقديم صورة شاملة أكثر دقة عن حالة الامن الغذائي في بلد ما، كما ان هذه المؤشرات هي ضمن مؤشرات الامن الغذائي لمنظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة حيث أرسي مؤتمر القمة العالمية للأغذية في عام 1996 أربعة محاور للأمن الغذائي التوفر، الحصول، الاستقرار، والانتفاع تتمثل هذه المؤشرات في:

اولا: مؤشر توفر الغذاء

يعتبر التوفر بعدا هاما من ابعاد الامن الغذائي، والذي يعكس اتاحة ما يكفي من الغذاء للأفراد، ولا يشترط بعد التوافر كمية الغذاء فقط بل جودته أيضا وتنوعه. (واعر،قرمية،دوفي، 2021)

يحدد هذا المؤشر عن طريق مجموعة السعرات الحرارية المتوفرة، وتوزيعها على عدد من السكان، وتستعمل منظمة الأغذية والزراعة هذا المقياس في إحصاء نسبة تطور الجوع. (خير الدين، 2018 - 2019)

كما يقاس هذا المؤشر بثمانية مؤشرات: كفاءة الامدادات الغذائية، الانفاق الحكومي على التنمية والبحوث الزراعية، البنى التحتية الزراعية، تقلب الإنتاج الزراعي، عدم الاستقرار السياسي، الفساد، قدرة الاستيعاب في المناطق الحضارية، نقص الغذاء. (فريدة.، 2018)

ثانيا: مؤشر القدرة على تحمل تكاليف الأغذية

يقيس قدرة المستهلكين على شراء الغذاء، وتعرضهم لصدمات الأسعار ووجود برامج وسياسات لدعم المستهلكين عند حدوث الصدمات.

ويقاسمن خلال ست مؤشرات: استهلاك المواد الغذائية كنسبة من الانفاق الاسري، نسبة السكان تحت خط الفقر العالمي، الناتج المحلي الإجمالي للفرد، التعريفات الجمركية على الواردات الزراعية، وجود برامج لشبكات الامن الغذائي، حصول المزارعين على التمويل.

ثالثا: مؤشر الجودة وسلامة الغذاء

يقيس التنوع والجودة التغذوية للوجبات الغذائية المتوسطة، فضلا عن سلامة الغذاء. يقاس بخمس مؤشرات: تنويع النظام الغذائي، المعايير الغذائية، توافر التغذية الدقيقة، جودة البروتين، سلامة الأغذية. (فريدة.، 2018)

رابعا: مؤشر الاستدامة والتكيف

وقد سمي في بداية اصدار التقرير بمؤشر (الموارد الطبيعية والقدرة على الصمود)، وهو يقيم تعرض البلد لتأثيرات تغير المناخ، وقابليته للتأثر بمخاطر الموارد الطبيعية، وكيف تتكيف الدولة مع هذه المخاطر. (امال ، 2023)

خامسا: مؤشر الاستفادة من الغذاء

تتوقف الاستفادة من الغذاء على نوعية الأغذية وكيفية اعدادها وتخزينها... وغيرها، ويضم بعد الاستفادة من الغذاء مجموعتين تشمل الأولى المتغيرات التي تحدد القدرة على الانتفاع من الأغذية (توفير التجهيزات المنزلية والحصول على المياه والصرف الصحي)، اما الثانية فتحدد نتائج الانتفاع من الأغذية التي تظهرها العديد من الامراض مثل هشاشة العظام، وفقر الدم، عدد النساء في سن الانجاب اللاتي يعانين من فقر الدم، القصور الغذائي لدى الأطفال في سن الخامسة الذين يعانون من الهزال والتقزم.

سادسا: مؤشر استقرار الغذاء

يعبر الاستقرار على إمكانية الحصول على الغذاء باستمرار دون ان يكون هناك مخاطر فقدان هذه الامكانية بسبب ازمة معينة، بمعنى لكي يصل الأفراد الى مرحلة الامن الغذائي فإنه يجب ان يكون لديهم القدرة على الوصل الى الغذاء الملائم في كل الأوقات دون ان يكون هناك خطر فقدان الوصول الى الغذاء نتيجة للصدمات الاقتصادية او المناخية او الاحداث الموسمية، وعليه فان مفهوم استقرار الغذاء يشمل بعد الاتاحة وبعد الوصول الى الغذاء. (واعر،قرمية،دوفي، 2021)

الفرع الثاني: مؤشرات قياس الامن الغذائي

لمعرفة الوضع الغذائي لأي دولة، تم تحديد مؤشرات لقياسه تتمثل أبرزها فيما يلي:

أولا: الناتج المحلي الإجمالي

يعرف الناتج المحلي الإجمالي حسب نوع النشاط الاقتصادي لاقتصاد ما بانه مجموع القيم المضافة لكافة وحدات الإنتاج العاملة في فروع الإنتاج المختلفة في اقتصاد معين، مثل الزراعة والصناعة، حيث تمثل القيمة المضافة لوحدة إنتاجية معينة الفرق بين قيمة اجمالي الإنتاج لهذه الوحدة وقيمة السلع والخدمات الوسطية المستهلكة في ذلك الإنتاج، كما يعرف بكونه القيمة السوقية او النقدية لجميع السلع والخدمات النهائية التي يتم انتاجها داخل الدولة من جانب المواطنين الذين يحملون جنسية الدولة ويقيمون داخل الدولة او الأجانب الذين يعملون داخل الدولة (كل ما يتم انتاجه محليا).

ثانيا: الناتج المحلي الزراعي

تسعى الدول من خلال السياسات الزراعية المختلفة لرفع ناتجها المحلي الزراعي، من خلال اعتمادها بالدرجة الأولى على امكانياتها ومواردها المتاحة، فزيادة الناتج الزراعي المحلي يعتبر من اهم المؤشرات التي تمكننا من معرفة الوضع الغذائي فهو بمثابة مقياس لمدى اعتماد الدولة على ذاتها، وهناك طرق لحساب الناتج المحلي الزراعي، والتغيرات الكبيرة في الناتج تؤثر بشكل سلبي على الوضع الغذائي، فانخفاضه مع زيادة حجم الاستهلاك من الغذاء يعني وجود فجوة غذائية يجب تغطيتها من العالم الخارجي، وهذا يعتمد على قدرة الدولة ماديا.

ثالثا: متوسط استهلاك الفرد من الغذاء

يتم حساب متوسط استهلاك الفرد في الغذاء بالعلاقة التالية:

$$\text{متوسط نصيب الفرد من استهلاك الغذاء} = \frac{\text{الاستهلاك الكلي من الغذاء}}{\text{عدد السكان}}$$

لكن هذا المؤشر يراعي فقط مدى انخفاض او زيادة الاستهلاك الكلي من الغذاء ويحسب المتوسط على هذا الاستهلاك الكلي دون مراعاة الدخل الفردي، فزيادة الاستهلاك الكلي من الغذاء لا تعني بالضرورة تحسن المستوى الغذائي لجميع فئات المجتمع.

رابعا: القدرة على انتاج الغذاء محليا

تعتبر القدرة على انتاج الغذاء محليا من أكثر المؤشرات التي ترتبط مباشرة بقضية الامن الغذائي، وهناك اختلاف في تصورات الذين تناولوا موضوع الامن الغذائي من منظور ان كفاية معظم احتياجات الدولة من الغذاء يتم انتاجه محليا واعتباره أفضل السبل للأمن الغذائي. (مبروك، 2022-2023) .

المطلب الرابع: التحولات في نمط الإنتاج الزراعي وتأثيرها على الأمن الغذائي

تشمل المواد الأولية للوقود الحيوي العديد من المحاصيل التي يمكن استخدامها للاستهلاك البشري بشكل مباشر او غير مباشر كعلف للحيوانات، وقد يؤدي تحويل هذه المحاصيل الى الوقود الحيوي الى زيادة مساحة الأراضي المخصصة للزراعة، وزيادة استخدام المدخلات الملوثة، وارتفاع أسعار المواد الغذائية، يمكن ان تتنافس المواد الأولية السليولوزية أيضا على الموارد (الأرض والمياه والاسمدة وما الى ذلك) التي يمكن تخصيصها لإنتاج الغذاء، ونتيجة لذلك تشير بعض الأبحاث الى ان انتاج الوقود الحيوي قد يؤدي الى العديد من التطورات غير المرغوب فيها. (Economics of Biofuels, 2024)

ومع زراعة المزيد من الأراضي ومع قيام المزارعين بتعديل أنماط المحاصيل وممارسات الإنتاج، فمن المرجح ان يتغير تأثير القطاع الزراعي على التربة والمياه. على سبيل المثال، أدى التحول الى الذرة الى إزاحة فول الصويا ومحاصيل الحبوب الصغيرة التي تتطلب مدخلات اقل بشكل عام، كما ان ارتفاع أسعار السلع الأساسية قد يؤدي لتكثيف استخدام مدخلات الري والمواد الكيميائية التي تعزز إنتاجية المحاصيل، قد يتم انشاء جزء كبير من المساحات الجديدة المزروعة في الأراضي الهامشية الأكثر عرضة للتآكل. (Scott & Marcel, 2009)

غالبا ما تحتاج محاصيل الوقود الحيوي الى المزيد من الأراضي التي يمكن استخدامها لزراعة الغذاء، عندما يتم استخدام مساحة كبيرة من الأراضي لإنتاج الوقود الحيوي، فقد يؤدي ذلك الى تقليص مساحة الأراضي التي يمكن استخدامها لزراعة الغذاء وهذا يجعل من الصعب على صغار المزارعين الوصول الى الأراضي وزراعة المحاصيل الغذائية ومع استخدام المزيد من الأراضي والموارد لزراعة المحاصيل لإنتاج الوقود الحيوي، تقل الأراضي المتاحة للمحاصيل الغذائية، مما يؤدي الى نقص الغذاء المتوفر في السوق، ارتفعت أسعار المواد الغذائية مما جعل من الصعب على الاسر ذات الدخل المنخفض شراء الغذاء الذي تحتاجه، بالإضافة الى ذلك، اشارت بعض الدراسات الى ان زيادة انتاج محاصيل الوقود الحيوي على حساب انخفاض المحاصيل الغذائية من شانه ان يؤدي الى تفاقم توافر الغذاء، ان زيادة انتاج محاصيل الوقود الحيوي لن تتطلب زيادة الإنتاجية الزراعية فحسب بل ستتطلب أيضا توسيع الأراضي المزروعة. (Shahab.E, Narinpat, Muhammad, Supawan, Kannika, & Shoukat, 2023)

زيادة التوسع في استخدام المحاصيل الزراعية كمدخلات وسيطة في عملية انتاج الوقود الحيوي ساهم بدرجة كبيرة في زيادة أسعار المواد الغذائية وزيادة الطلب عليها في الأسواق المحلية والعالمية لاستخدامات أخرى غير الغذاء، ما فاقم من تحديات تحقيق الامن الغذائي لدى مختلف دول العالم ولا سيما الفقيرة منها نتيجة ارتفاع الأسعار وقلة المعروض منها. في ظل الاستغلال الأمثل للموارد المتاحة يمثل الوقود الحيوي طاقة متجددة لا يمكن الاستغناء عنها بالنسبة للدول المنتجة، لما توفره من امن طاقوي وتعدد في مصادر

الطاقة المستخدمة الصديقة للبيئة وذات التكلفة المنخفضة. غير ان هذا المصدر الحيوي والمتجدد رغم مزاياه المتعددة أصبح يهدد الامن الغذائي العالمي وما يرتبط به من فقر وجوع وتدني المستوى المعيشي للأفراد وغيرها من المظاهر السلبية، وعليه لابد على الدول والهيئات العالمية ان تضع قيودا على استخدام المحاصيل الزراعية الأساسية المستخدمة كغذاء وعلف في صناعة هذا النوع من الوقود، وتشجيع استخدام عناصر حيوية أخرى. (فاطمة الطيف، 2018) .

المطلب الخامس: التدخلات الحكومية والسياسات العامة لتوفير الأمن الغذائي.

تشير تقديرات منظمة الأغذية والزراعة في تقرير انعدام الأمن الغذائي في العالم، إلى تفاقم حالة انعدام الأمن الغذائي، خاصة في البلدان النامية وهو ما يؤثر سلبا على الدولة وأفرادها من خلال انخفاض الدخل وزيادة الأمراض.

كما يمكن تحديد الأبعاد المختلفة للأمن الغذائي والمتمثلة في:

- الوفرة الكمية والنوعية للسلع الغذائية.
- قدرة الأفراد في الحصول على الموارد المادية لتمكينهم من الحصول على الغذاء.
- كيفية إعداد الغذاء والاستفادة منه لتحقيق التغذية المثلى.
- توفر الكميات الكافية في كل الأوقات. (صلاح، 2021)

هناك العديد من السياسات التي تنتهجها الدول لغرض تأمين الغذاء للمستهلكين، وذلك باستخدام مجموعة من الأدوات الاقتصادية الزراعية نذكر منها (أسماء، 2022):

الفرع الأول: السياسة الزراعية

هي مجموعة من البرامج الزراعية الإنشائية والإصلاحية التي تكفل تحقيق الاستخدام الأمثل للموارد الاقتصادية الزراعية المتاحة، ولتحقيق الأمن الغذائي يستوجب تحقيق الإنتاج الكافي لتلبية حاجيات السكان عند الأسعار التي لا تؤثر في القدرة الشرائية، وبالتالي أي خلل في الأسواق الزراعية يستوجب تدخل الدولة لإعادة التوازن إلى السوق، لان غياب الدولة يعني التبعية للأسواق الخارجية لتلبية الحاجات الغذائية، فالهدف من السياسات الزراعية هو ضمان انتاج كافي وبأسعار في متناول المستهلك بالإضافة الى تخصيص الموارد بشكل فعال لتحقيق اكبر معدلات الرفاه، ويمكن تحديد بعض اهداف السياسة الزراعية فيما يلي:

- ان يكون التوزيع المناسب والعادل لمصادر الثروة والدخل.
- ان يكون تحقيق الكفاءة الإنتاجية القصوى للموارد الزراعية او رفعها وتوسيعها وذلك للحصول على اعلى ناتج اجتماعي بأقل جهد اجتماعي ممكن.

كما يتسم القطاع الزراعي بموسمية الإنتاج والدخل ما يعني مدة دوران راس المال طويلة، وبذلك كان لزاما على الدول اللجوء الى تطوير التمويل لضمان استمرارية الإنتاج. يعترض التمويل الزراعي مشاكل كثيرة تمثلت في ان المجازفة في الائتمان الزراعي كبيرة مما يؤدي الى ارتفاع سعر الفائدة على القروض الزراعية ما يجعل صغار المزارعين يمتنعون عن طلب تلك القروض وبذلك تبقى

القروض حكرا على القادرين على تقديم الضمان، ولمواجهة هذا المشكل قامت الحكومات بالتدخل من خلال إقامة مؤسسات تعاونية او بنوك حكومية لتكون مصدرا للائتمان الزراعي.

الفرع الثاني: سياسة دعم الأسعار

يعرف الدعم على انه تحمل الدولة لفارق السعرين العالمي والوطني حيث يصبح السعر المحلي المعروض في السوق اقل من العالمي بغية عدم الوقوع في سوء التغذية للطبقات الهشة من المجتمع، اغلب دول العالم تتبنى سياسات منها الحرة تخضع الى اليات السوق – الطلب والعرض–، ومنها من يخضع لسياسات التوجيه وتحديد الأسعار وهذا يعني الغاء اليات السوق وانفتاح الأسواق.

يعتبر ارتفاع أسعار المنتجات الزراعية نتيجة ارتفاع تكاليفها وتوجه الافراد الى الطلب على السلع الأجنبية نتيجة جودتها وانخفاض أسعارها من اهم الدواعي لتدخل السلطات العمومية في الأسواق الزراعية، ويكون شكل هذا التدخل عن طريق تقديم الدعم اللازم للمزارعين لضمان استمرارية الإنتاج وخاصة السلع الضرورية، وبالتالي ضمان امنها الغذائي ومن الدول التي اتبعت هذه الاستراتيجية اليابان فبالرغم من ارتفاع تكلفة انتاج الأرز محليا عن تكلفة استيرادها الا ان الحكومة تقوم بدعم منتجي الأرز، وهناك شكل اخر من اشكال الدعم وذلك من خلال قيام السلطة المختصة بخلق طلب جديد لرفع أسعار المنتجات عن مستواها الإداري لتشجيع المزارعين على الاستمرار في الإنتاج حيث تقوم بتخزين ذلك المنتوج واستعماله في حالة زيادة الأسعار عن المستوى المطلوب، وهذا النظام تم اعتماده داخل مجموعة الاتحاد الأوروبي. (كينة، 2020-2021)

الفرع الثالث: سياسة تطوير الاستثمار

تهدف الاستثمارات الزراعية الى تحقيق الامن الغذائي، وتشمل قطاعات الإنتاج النباتي والحيواني والسمكي، بالإضافة الى الاستثمار في مشاريع البنية التحتية، وفي استخدامات المكننة وتطبيقات التقنيات الحديثة باستخدام البذور المحسنة وإدخال أنظمة إنتاجية عصرية وتقنيات الري المتطورة والتوسع في استصلاح الأراضي الفلاحية، واستخدام الأسمدة وكذا مشروعات الامن الغذائي التسويقية والخدمية، الى جانب الانفاق على البحوث الزراعية.

وتتطلب السياسات الاستثمارية توفر مناخ ملائم، ولعل اهم العوامل الجاذبة للاستثمار الزراعي نجد:

- اعفاء مستلزمات عناصر الإنتاج من الرسوم الجمركية.
- رفع القيود عن الصادرات وسهولة الحصول على القروض ورفع القيود الإدارية.
- توفر العمالة المؤهلة والمدربة.
- خفض أسعار الماء والكهرباء ووفرة البنى التحتية والتجهيزات الفلاحية الحديثة.
- إعطاء الأهمية اللازمة لعنصر الجودة وتقديم التشجيعات المالية. (فاطمة ب.، 2012-2013)

الفرع الرابع: سياسات التسويق

الهدف الأساسي من التسويق هو إيصال السلعة من المنتج الى المستهلك بالنوعيات والكميات والاسعار المناسبة، وعليه يمكن تعريف التسويق الزراعي على انه "ذلك النظام المرن الهادف الى تسهيل تدفق السلع الزراعية والخدمات المرتبطة بها من أماكن انتاجها الى أماكن استهلاكها بالأوضاع والاسعار والنوعيات المناسبة والمقبول من كافة أطراف العملية الزراعية"، وكما هو معروف على أسواق السلع الزراعية في الدول النامية كثرة الوسطاء الى بيع السلع الزراعية بأسعار تكفل لهم تحقيق الربح ما يعني وصول السلعة الى المستهلك النهائي بأسعار عالية ما ينعكس سلبا على المنتج والمستهلك ويضر بقضية الامن الغذائي.

هو ما يتعارض مع المفهوم الحقيقي للتسويق الزراعي وبالتالي فاذا اريد للتسويق الزراعي ان يصبح أداة من أدوات تحقيق الامن الغذائي لابد على الجهات المسؤولة إعادة هيكلة النظام التسويقي بما يعود بالمنفعة على المنتج والمستهلك. (كينة، 2020-2021)

المطلب السادس: التحديات المشتركة والفرص في مجال الوقود الحيوي والأمن الغذائي.

من خلال التطلع إلى المستقبل، سيكون من الضروري مواجهة عدد من التحديات الناشئة في مجالي الأمن الغذائي والتغذية. وتشمل هذه التحديات بصورة خاصة (العالمي، 2017)

- تلبية الحاجات الغذائية والتغذية لدى سكان الحضر والريف الذين تتزايد أعدادهم، ولديهم أفضليات غذائية متغيرة.
- زيادة الإنتاج الزراعي المستدام والإنتاجية.
- تعزيز القدرة على مواجهة تغير المناخ.
- إيجاد حلول مستدامة للتنافس المتنامي على الموارد الطبيعية.
- ويمكن تحديد أبرز التحديات التي تواجه الموارد الحالية من الأراضي الزراعية فيما يلي: (صلاح، 2021)
- تبوير الأراضي الزراعية
- التجريف
- جفاف الأراضي الزراعية والتصحر
- البناء على الأراضي الزراعية

على الرغم من محدودية أهمية الوقود الحيوي السائل من حيث إمدادات الطاقة العالمية، إلا ان تأثيراته المباشرة والهامة على الأسواق الزراعية العالمية وعلى البيئة وعلى الأمن الغذائي تثير بالفعل جدلا وخلافا، مقارنة أيضا بالوقود الحيوي الصلب. فمصدر الطلب الجديد هذا على السلع الأساسية الزراعية يتيح فرصا، ولكنه يطرح أيضا مخاطر لقطاع الأغذية والزراعة.

كما أن الطلب على الوقود الحيوي يمكن أن يؤدي إلى انحسار الاتجاه المتدني في الأسعار الحقيقة للسلع الأساسية، الذي أدى إلى انخفاض النمو الزراعي في كثير من مناطق العالم النامي أثناء العقود الاخيرة، وقد يتيح الوقود الحيوي بصفته هذه، فرصة للبلدان

النامية، حيث يعتمد 75 %من فقراء العالم على الزراعة لكسب عيشهم، لتسخير النمو الزراعي تحقيقا للتنمية الريفية الأوسع نطاقا وتحقيقا للحد من الفقر.

إن ازدياد قوة الصلة بين الزراعة والطلب على الطاقة يمكن أن يسفر عن ارتفاع الأسعار الزراعية والإنتاج والناتج المحلي الإجمالي. ويمكن أيضا أن تعزز تنمية الوقود الحيوي إمكانية الحصول على الطاقة في المناطق الريفية، مما يؤدي إلى زيادة دعم النمو الاقتصادي وإدخال تحسينات طويلة الأجل على صعيد الامن الغذائي. وفي الوقت ذاته يوجد خطر يتمثل في أن يهدد ارتفاع أسعار الأغذية لأشد سكان الأرض فقرا، الذين ينفق كثير منهم أكثر من نصف دخلهم على الغذاء. علاوة على ذلك، يمكن أن يفرض الطلب على الوقود الحيوي ضغطا إضافيا على قاعدة الموارد الطبيعية، حيث تكون لذلك عواقب بيئية واجتماعية يحتمل أن تكون ضارة، لا سيما لأولئك الذين يفتقرون أصلا إلى إمكانية الحصول على الطاقة والغذاء والأرض والماء.

وبالنظر إلى تكنولوجيات الزراعة والتحويل الموجودة حاليا، فإن قدرة معظم أنواع الوقود الحيوي السائل في كثير من البلدان، على الصمود الاقتصادي مزعزعة بدون توفر الدعم والإعانات. بيد أن تحسن غلات المحاصيل والتوسع في المساحة المزروعة وتكثيفها هي أمور يمكن أن تؤدي إلى حدوث توسع كبير في إنتاج المواد الوسيطة وإلى انخفاض التكاليف.

كما يمكن أيضا أن يؤدي الابتكار التكنولوجي في تصنيع الوقود الحيوي إلى حدوث انخفاض هائل في التكاليف، حيث قد يدخل جيلا ثانيا من الوقود الحيوي المشتق من المواد الوسيطة السيلولوزية ضمن الإنتاج التجاري، مما يؤدي إلى انخفاض المنافسة مع المحاصيل الزراعية وانخفاض الضغط على أسعار السلع الاساسية (المتحدة، 2008؛ المتحدة، 2008).

إن ارتفاع أسعار السلع الأساسية الزراعية، بفعل تزايد الطلب على الوقود الحيوي، يشكل تهديدا على الأمن الغذائي بالنسبة للفقراء والضعفاء، في حين أنه يمثل فرصا طويلة الأجل للتنمية الزراعية والريفية، وإدرار الدخل وتوليد العمالة، كما يمكن أن يمثل عنصرا هاما في الجهد الذي يرمي إلى إحياء الزراعة عن طريق توفير حوافز للقطاع الخاص للاستثمار والإنتاج. إلا أن ارتفاع الأسعار وحده لن يحقق تنمية زراعية عريضة القاعدة، إذ سيكون توظيف الاستثمارات في زيادة الإنتاجية في البلدان النامية مكملا لا غنى عنه. كما ستقتضي زيادة الإنتاجية إدخال تحسينات كبيرة ومستدامة في مجالات طال تجاهلها، مثل البحوث والإرشاد الزراعي والبنية الأساسية الزراعية، إلى جانب أدوات ائتمانية وأدوات لإدارة المخاطر.

كما أن زيادة التوسع في إنتاج الوقود الحيوي يجب ان يضمن مساهمة إيجابية في التخفيف من تغير المناخ.

المبحث الثالث: العلاقة بين انتاج الوقود الحيوي وتوفر المواد الغذائية وامنها

المطلب الأول: تأثير زيادة انتاج الوقود الحيوي على الإنتاج الزراعي

ينعكس تزايد استخدام الوقود الحيوي على العلاقة بين العرض و الطلب على السلع الزراعية الغذائية الأساسية، و نظرا لتنامي الحجم المستخدم من هذه السلع في انتاج الوقود، هذا الطلب المتزايد يمكن ان يؤثر في أسواق السلع الزراعية عبر ثلاث اليات، حيث يمكن ان يؤدي بصورة مباشرة الى رفع أسعار السلع المستخدمة لإنتاج الوقود نتيجة لزيادة الطلب عليها، كما يمكن ان يكون هذا

التأثير بصورة غير مباشرة من خلال ارتفاع الطلب على السلع البديلة، فارتفاع أسعار الذرة او زيت الصوجا مثلا كمادة غذائية يدفع المستهلكين الى استبدالها بغيرها من الحبوب او الزيوت الغذائية، كما يمكن ان يكون هذا الاحلال في انتاج الوقود الحيوي ذاته مما يترتب عنه ارتباط موجب بين أسعار المواد الوسيطة لإنتاج الوقود الحيوي و بدائلها. (فاتح، 2015)

بروز استخدام الوقود الحيوي السائل القائم على المحاصيل الزراعية، باعتباره وقودا يستخدم في النقل مؤخرا، أعاد تأكيد الصلات بين أسواق انتاج الطاقة والإنتاج الزراعي. والوقود الحيوي السائل ينطوي على إمكانية ان يكون له تأثير كبير على الأسواق الزراعية، لكنه يمثل ومن المرجح ان يظل يمثل جانبا صغيرا نسبيا من أسواق الطاقة الاجمالي. (رمان، 2010) حيث بلغ اجمالي الإنتاج العالمي من الوقود الحيوي 1.91 مليون برميل نفط مكافئ يوميا في 2022، كما قدر الطلب على الطاقة الحيوية 1.437 مليار طن نفط مكافئ في عام 2022، أي نسبة ارتفاع ب 41%. حيث مثلت الطاقة الحيوية نحو 10% من مزيج الطاقة العالمي من عام 2022. ومن هذا الإجمالي، من المتوقع تراجع الطلب على الطاقة الحيوية التقليدية بنسبة 17% تقريبا ليصل الى 530 مليون طن نفط مكافئ بحلول عام 2050. ويؤكد التقرير ان الطاقة الحيوية التقليدية تعد ضارة بالبيئة ولها تأثيرات سلبية في الصحة العامة والاقتصاد، اذ تعتمد على ممارسات غير مستدامة وتسهم في إزالة الغابات وانبعاث ملوثات ضارة. (احمد، توقعات بنمو الطلب على الطاقة الحيوية 41% بحلول 2050 (تقرير)، 2024)

يمكن طرح التأثير المادي لإنتاج الوقود الحيوي كالتالي: حيث انه رغم ان متوسط أسعار الوقود الحيوي في البرازيل واندونيسيا والهند وماليزيا كان اعلى من الوقود الاحفوري بنسب تتراوح بين 15% الى 80% خلال السنوات ال 10 الماضية، فان سياسة الدعم المباشر للوقود في هذه البلدان ساعدت في تخفيض التكلفة على المستهلكين والشركات الخاصة. وتفرض اندونيسيا ضريبة على صادرات زيت النخيل لتغطية فرق التكلفة بين وقود الديزل الحيوي المعتمد على زيت النخيل والديزل، وهو النهج نفسه الذي تتبعه ماليزيا، اما الهند فتحدد اسعارا مضمونة للمواد الخام اللازمة لإنتاج الايثانول، مع تحديثها باستمرار لتعكس الأسعار المتغيرة، إضافة الى تعديلها معدلات ضريبة الايثانول. اما في البرازيل فقد وصلت نسبة مزج الايثانول الى 27.5% يتوقع ارتفاعها الى 30% بحلول 2028. كما تقدم الدولة اللاتينية ضرائب اقل على الايثانول، مع احتسابها ضمن ارصدة خفض الكربون. وأسهمت هذه السياسة في إبقاء أسعار الايثانول تنافسية، على الرغم من ارتفاع أسعار السكر والذرة، لكن زيادة انتاج الوقود الحيوي في هذه الدول تتطلب تعزيز المواد الأولية، واستحوذ الطلب على وقود الديزل الحيوي على 19% من انتاج النخيل في ماليزيا واندونيسيا 2022، وسط توقعات بان تصل هذه النسبة الى 30% بحلول 2028، حتى مع ارتفاع انتاج زيت النخيل. كما يتوقع ان تظل حصة انتاج الايثانول المستخلص من قصب السكر في البرازيل قريبة من 50%، بينما ستزيد هذه النسبة في الهند من 5% عام 2022 الى 7% بحلول 2028. (رجب، 2024)

يساهم زيادة انتاج الوقود الحيوي في استصلاح كثير من الصحاري والأراضي القاحلة، وفي دفع عجلة الإنتاج الزراعي في ارجاء العالم والتوسع فيه افقيا وراسيا، وبشكل لا يستبعد معه حدوث طفرة نوعية سواء في المكننة الزراعية المستخدمة في مساحات الأراضي المستقلة او أنماط او طرق الزراعة السائدة. خلق ملايين فرص العمل الجديدة وزيادة مكاسب الفلاحين والمزارعين والى دعم وتنشيط صناعات كثيرة مرتبطة بالزراعة، ومنها صناعة الأسمدة والمبيدات واليات نقل وتخزين الغلال، وتحويل البذور جينيا وغيرها من المجالات.

قد تقوم الدول التي لديها القدرة على انتاج محاصيل الطاقة كالقمح وغيره من المحاصيل في زيادة جانب صادراتها من تلك المحاصيل، الامر الذي سينعكس إيجابا على وضع ميزان المدفوعات لتلك البلدان. (محمد راضي و عقيل عبد محمد)

يرى البعض ان الوقود الحيوي قد يساهم في إعادة صياغة هياكل القطاعات الزراعية بفضل امدادات المحاصيل الزراعية الأولية المستعملة في انتاجه وخلق فرص عمل وتوليد الدخول وتجنب ترك الأراضي مهجورة والهجرة الى المدن، فضلا عن تحسين وحماية التربة الزراعية بالإضافة الى اصلاح وتجديد الأراضي المتدهورة والمهجورة، مع إمكانية تامين امدادات الطاقة المستدامة من خلال الإنتاج والاستخدام المحلي للوقود الحيوي في المناطق المعزولة وفي المجتمعات الريفية. (جغري ، الوقود الحيوي بين القيد الغذائي و القيد الطاقوي الدروس المستفادة من التجارب الدولية، 2018-2019)

المطلب الثاني: تأثير تطور صناعة الوقود الحيوي على جودة التربة والمياه والهواء

من المهم النظر الى الدور الحاسم الذي يلعبه تحلل الكتلة الحيوية في الحفاظ على خصوبة التربة و نسيجها، حيث قد تكون لعمليات السحب المفرط لأغراض استخدام الطاقة الحيوية تأثيرات سلبية، فمن اهم عيوب استخدام المخلفات الزراعية لإنتاج الوقود الحيوي يتمثل في كون هذه المخلفات سمادا عضويا مهما للتربة و يلعب دورا رئيسيا في الحفاظ على خصوبتها و يزيد من انتاجيتها، كما ان حرمان التربة منها سوف يؤدي الى التوسع في استخدام الأسمدة الكيميائية بما يزيد من تلوث التربة و المياه الجارية والهواء اثناء انتاج الأسمدة و يفكك التربة نتيجة لحرمانها من المواد المجمعة و منتجات تحللها من المواد اللاحمة لحبيبات التربة لتكوين بناء ارضي ثابت يحسن من خواص الترب الزراعية و يعالج عيوب قوام التربة خاصة في الأراضي الرملية الصحراوية او الأراضي الطينية الثقيلة، وجميع هذه المواد اللاحمة و المحسنة و المخصبة للتربة تنتج من تحلل المخلفات العضوية المضافة الى ترب الزراعية لتكون في نهاية تحللها مادة الدبال الثابتة و المقاومة للتحلل. (جغري ، الوقود الحيوي بين القيد الغذائي و القيد الطاقوي الدروس المستفادة من التجارب الدولية، 2018-2019)

الحد من التخلص من مياه الصرف المعالج والتي يفضل استخدامها في زراعة الجاتروفا في نهر النيل او البحار لمكافحة التلوث البكتريولوجي والكيميائي (عناصر ثقيلة ومركبات عضوية ضارة) للمياه بالإضافة الى الحد من تدهور الثروة السمكية والاحياء المائية النهرية والبحرية.

تحسين نوعية الهواء حيث اثبتت الدراسات البيئية ان التجمع الشجري في مساحة فدان واحد من الأرض الزراعية يمتص 450 كجم من ثاني أكسيد الكربون ويطلق 250 كجم من الاكسجين/ساعة حيث ان الشجرة المتوسطة تمتص 107 كجم من ثاني أكسيد الكربون وتنتج 140 لتر اكسجين يوميا بالإضافة الى تقليل سرعة الهواء المحمل بالأتربة مما يؤدي الى ترسيب الملوثات العالقة بالجو فيصبح الهواء نقيا. يعد الوقود الحيوي وقود نظيف وغير مضر بالبيئة او المناخ لأنه محتواه من ثاني أكسيد الكربون اقل، وكذلك محتواه من الرصاص اقل، والرصاص هو أحد العناصر المسببة للسرطان. (ايمان علي، 2016)

المطلب الثالث: تأثير تطور الوقود الحيوي على انبعاثات الغازات الدفيئة

تلعب الغازات الدفيئة دورا أساسيا في النظام المناخي للأرض ولكن تركيزاتها المتزايدة بسبب الأنشطة البشرية أدت الى تأثيرات كبيرة ومثيرة للقلق، وتشمل الغازات الدفيئة الرئيسية ثاني أكسيد الكربون (CO_2)، والميثان (CH_4)، واكسيد النيترون (N_2O)، والغازات المفلورة. (اليزابيث، 2024)

يعتبر الوقود الحيوي بديلا أنظف وأكثر استدامة للوقود الاحفوري عند حرقها فإنها تنبعث منها غازات دفيئة اقل مقارنة بالبنزين والديزل التقليديين، وفي الواقع يمكن لبعض أنواع الوقود الحيوي ان تقلل من انبعاثات الغازات الدفيئة بنسبة تصل الى 90% وذلك لأنها مصنوعة من مواد عضوية امتصت مؤخرا ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي. ونتيجة لذلك، فان ثاني أكسيد الكربون المنبعث عند حرق الوقود الحيوي يتم تعويضه بثاني أكسيد الكربون الذي يتم امتصاصه اثناء عملية النمو. (انبعاثات الغازات الدفيئة: تقليل انبعاثات الغازات الدفيئة باستخدام الوقود الحيوي، 2024)

يمكن للمحللات الحيوية خفض انبعاثات الميثان اثناء انتاج الطاقة المتجددة، مما يجعلها حلا ذكيا وقيما للمناخ وطاقة الهواء النظيف.

يمكن ان يساعد الغاز الحيوي في تقليل الميثان واسود الكربون الانبعاثات اثناء انتاج وقود للطبخ والاضاءة والكهرباء. كبديل لحرق الأعشاب او الروث او الوقود الاحفوري الملوث للطاقة المنزلية، يمكن ان يساعد الغاز الحيوي في ابطاء تغير المناخ، وتحسين الصحة العالمية، وتقليل الخسائر الزراعية، وزيادة الوصول الى الطاقة وتحسين حياة الناس والشركات، ومع ذلك فهي حاليا تقنية غير مستغلة بالكامل يقدر 30 مليون اسرة في افريقيا يمكن ان يستخدم محللا حيويا ولكن اقل من 1% من هذا العدد لديه واحد بالفعل. للمساعدة في حل هذه المشكلة، فان ملف Climate And Clean Air Coalition (CCAC) تدعم مجموعة متنوعة من الجهود في جميع انحاء العالم للتحقيق في الدور الذي يمكن ان تلعبه تقنية الغاز الحيوي للمساعدة في تقليل الميثان وملوثات الهواء الأخرى وتحقيق Global Methane Pledge الهدف هو تقليل انبعاثات الميثان بنسبة 30% على الأقل بحلول عام 2030.

الغاز الحيوي يتكون من يتكون عندما يتم تخمير الكتلة الحيوية، مثل النفايات العضوية، والسماد، ومخلفات الطعام، والمخلفات الزراعية، او يتم تحويلها من خلال الهضم اللاهوائي عند وضعها في بيئة خالية من الاكسجين، تتحلل النفايات وتنتج غازا 50%–75% ميثان، يمكن حرق هذا الوقود لأغراض التبريد والطهي والتدفئة والاضاءة، ويمكنه توليد الكهرباء لتزويد شبكات الطاقة وهو مورد مهم في المناطق الفقيرة بالطاقة في افريقيا واسيا وامريكا الجنوبية.

يولد البشر أكثر من 105 مليار طن من النفايات العضوية على مستوى العالم كل عام، مما يؤدي الى إطلاق غاز الميثان الضار وغيره من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري اثناء تحللها، من خلال إعادة تدوير 105 مليار طن. يمكن للغاز الحيوي تقليل انبعاثات غازات الدفيئة العالمية بنسبة 10% وتوفير 50% من غازات الاحتباس الحراري Global Methane Pledge بحلول عام 2030، ومع ذلك تتم معالجة وإعادة تدوير 2% فقط من النفايات العضوية (وهذه احصائيات سنة 2022).

تلاحظ الرابطة العالمية للغاز الحيوي ان هناك العديد من الأشياء التي يمكن للحكومات القيام بها لمساعدة الغاز الحيوي على الوصول الى إمكاناته الكاملة، ويشمل ذلك الإجراءات التي ستفيد التحول العالمي في مجال الطاقة مثل وضع سعر قوي للكربون، وإلغاء دعم الوقود الاحفوري وتحفيز الطاقة المتجددة، وادراج اهداف الغاز الحيوي في خطط الطاقة والمناخ.

تعتبر إدارة النفايات الطعام أيضا امرا أساسيا ومحور تركيز CCAC مركز النفايات، تشمل السياسات في هذا القطاع مجموعات منفصلة من نفايات الطعام للمواطنين، وضمان وجود متطلبات نفايات الطعام للشركات، وتحسين البنية التحتية للصرف الصحي، وتحديد الهضم اللاهوائي كطريقة مفضلة لمعالجة النفايات العضوية.

الغاز الحيوي يمكن ان تقدم مساهمات مهمة لأهداف التنمية المستدامة، بما في ذلك الهدف 2 من اهداف التنمية المستدامة للقضاء على الجوع، من خلال زيادة الإنتاجية الزراعية وتقليل انعدام الامن الغذائي من خلال انتاج الأسمدة الحيوية SDG13 بشأن العمل المناخي عن طريق حرق الميثان من النفايات العضوية والحيوانية، والهدف 7 من اهداف التنمية المستدامة للطاقة النظيفة وبأسعار معقولة من خلال زيادة الوصول الى الطاقة المتجددة. (سكرتارية BY CCAC، 2022)

المطلب الرابع: توزيع الموارد بين إنتاج الوقود الحيوي والإنتاج الغذائي.

الفرع الأول: المنافسة بين انتاج الغذاء والوقود الحيوي

يرتبط الوقود الحيوي ارتباطا وثيقا بالقطاع الزراعي وخاصة الجيل الأول منه، حيث نجد أنه وفي الاتحاد الأوروبي فإن القمح يحتل المرتبة الأولى في المواد الزراعية الوسيطة المستعملة في انتاج الإيثانول الحيوي بنسبة 70 %، يليه الشعير بنسبة 15 %فالذرة بنسبة 10% وأخيرا الجاودار بنسبة 5%، أما فيما يخص انتاج زيت الديزل الحيوي فنجد أن بذور اللفت تحتل المرتبة الأولى في المواد الزراعية الوسيطة المستعملة في انتاجه بنسبة 79%، ثم فول الصويا بنسبة 18% فعباد الشمس بنسبة 3%.

أما في الولايات المتحدة الأمريكية فنجد أن الإيثانول الحيوي ينتج بنسبة 97% من الذرة والباقي من مواد زراعية وسيطة أخرى، في حين أن زيت الديزل الحيوي ينتج من فول الصويا بنسبة 82%، ويليه زيت الكانولا بنسبة 13% والباقي من زيوت أخرى، أما في البرازيل فإن انتاج الإيثانول الحيوي فيتركز بالكامل على قصب السكر في حين يبقى انتاجه من زيت الديزل الحيوي جد ضعيف.

ونتيجة لذلك الترابط فإن صناعة الوقود الحيوي بدأت تلقي بظلالها على القطاع الزراعي في دول العالم وبالخصوص في الدول الرائدة في صناعته، حيث أنها زادت من الاهتمام بتطوير القطاع الزراعي بزيادة التمويل المخصص له وتطوير التكنولوجيات المستخدمة في عملياته خاصة وأن الوقود الحيوي يزيد من حجم الضغوط المفروضة على القطاع الزراعي والمتمثلة في توفير الغذاء للأسر والعائلات إلى ضرورة توفير المواد الغذائية الوسيطة المستعملة في صناعة الوقود الحيوي.

معظم مؤيدي الوقود الحيوي السليولوزي يعلقون عموما قيمة عالية على الامن الغذائي والحفاظ على النظام البيئي ويتشاركون المخاوف بشأن الاستخدام التنافسي للأراضي، لكنهم يعتبرون تغير المناخ تهديدا أكبر لإنتاج الغذاء والبيئة من الوقود الحيوي لأنه ليس من الممكن التحكم في الهكتارات المتأثرة بسبب تغير المناخ في حين يستطيع البشر ان يقرروا أي هكتار مخصص للوقود الحيوي،

اذ أدى الوقود الحيوي الى خفض انبعاثات الغازات الدفيئة، فسيكون من المفيد تخصيص بعض الأراضي لتحقيق هذه الفائدة، خاصة اذ اقترنت باحتجاز الكربون وتخزينه.

علاوة على ذلك، مساحة كبيرة من الأراضي التي لا تستخدم لإنتاج الغذاء او تستخدم بشكل غير فعال للغاية، يمكن استخدامها لإنتاج المواد الأولية للوقود الحيوي الدائم، بالنسبة للأراضي التي توقفت عن انتاج المحاصيل، فان زراعة المحاصيل المعمرة والمنتجة مثل الميسكانثوس او العشب التبديلي، الذي من شانه ان يضيف خدمات إيجابية للنظام البيئي.

وقد وجدت دراسات استخدام الأراضي التاريخية سنة 2010 انه تم التخلي عن أكثر من 500 مليون هكتار من الأراضي سابقا وعادة ما تكون هذه الأراضي المهجورة ذات نوعية رديئة، مما يجعلها جذابة لإنتاج المواد الخام للوقود الحيوي، يمكن تصنيع الوقود الليجنوسيليلوزي بشكل أساسي من أي نوع نباتي، بما في ذلك تلك التي تتكيف مع النمو في الأراضي الهامشية، دون الحاجة الى مدخلات كبيرة من الأسمدة او الطاقة او المياه او المواد الكيميائية الزراعية. (Chris.R & Stephen.P, 2015)

الفرع الثاني: التطورات الحديثة في انتاج الوقود الحيوي العالمي

ان التطورات الحديثة والابتكارات في تكنولوجيا الوقود الحيوي التي لديها القدرة على تحسين كفاءة انتاج الوقود الحيوي واستدامته وقابلية التوسع. على مدى العقد الماضي، تم احراز تقدم كبير في استعادة الطاقة العالمية من مصادر الكتلة الحيوية واستخدام الوقود الحيوي كبديل متجدد ومستدام للوقود الاحفوري، وفقا لوكالة الطاقة الدولية من المتوقع ان يصل الإنتاج العالمي من الوقود الحيوي على مستوى قياسي يبلغ 171 مليار لتر في عام 2022.

أولا: الهندسة الوراثية والبيولوجيا التركيبية

توفر تقنيات الهندسة الوراثية والبيولوجيا التركيبية فرصا لتحسين انتاج الوقود الحيوي. ويستطيع العلماء تعديل التركيب الجيني للكائنات الحية الدقيقة والنباتات لزيادة إنتاجية الكتلة الحيوية. وتحسين مقاومتها للضغوط البيئية، وتحسين مقاومتها للضغوط البيئية، وتحسين قدرتها على تحويل الكتلة الحيوية الى وقود حيوي، يناقش هذا القسم إمكانات الهندسة الوراثية والبيولوجيا التركيبية لتحسين جودة المواد الخام، وزيادة إنتاجية الوقود، وخفض تكاليف الإنتاج.

ثانيا: الوقود الحيوي القائم على الطحالب

تعتبر الطحالب من المواد الخام الواعدة لإنتاج الوقود الحيوي بسبب محتواها العالي من الزيت ومعدل نموها السريع، يستعرض هذا القسم التقدم المحرز في زراعة الطحالب، والتعديل الوراثي، وتقنيات الاستخراج لتحسين انتاج الوقود الحيوي القائم على الطحالب. بالإضافة الى ذلك، إمكانات الوقود الحيوي المعتمد على الطحالب في استخدام الأراضي غير الزراعية وموارد مياه الصرف الصحي، وبالتالي تقليل المنافسة مع انتاج الغذاء وتقليل التأثير البيئي.

ثالثا: تحويل النفايات الى طاقة

ان تحويل النفايات مثل المخلفات الزراعية ومخلفات الطعام ومخلفات الغابات الى وقود الحيوي يوفر حلا جذابا لكل من إدارة النفايات وإنتاج الطاقة يستعرض هذا القسم التقدم في تقنيات تحويل النفايات الى طاقة، بما في ذلك العمليات الكيميائية الحيوية والكيميائية الحرارية، كما هناك طرق مثل الهضم اللاهوائي، والتغويز، والانحلال الحراري التي يمكن استخدامها لتحويل أنواع مختلفة من النفايات الى الوقود الحيوي، او غاز حيوي، او غاز صناعي.

رابعا: المصفاة الحيوية المتكاملة

المصفاة الحيوية المتكاملة هي منشاة تستخدم مجموعة متنوعة من المواد الأولية للكتلة الحيوية لإنتاج منتجات متعددة مثل الوقود الحيوي والمواد الكيميائية، للمصافي الحيوية المتكاملة القدرة على تحقيق اقصى قدر من كفاءة الموارد وتنويع محافظ المنتجات وتحسين الجدوى الاقتصادية لإنتاج الوقود الحيوي. (Biofuels: a sustainable solution for a green energy future, 2023)

ان تحويل النفايات الى وقود هو حل لمشكلتين ملحتين يوجههما الوقود الحيوي: تكلفة نفايات الطعام منخفضة، خاصة إذا تم ممارسة خطط التجميع بشكل روتيني، وهو بديل أكثر استدامة من دفنه في مدافن النفايات، تحتوي نفايات الطعام على نسبة عالية من الكربوهيدرات والبروتينات والدهون التي يمكن ان يستهلكها الميكروبات بسهولة، مما يتجاهل الحاجة الى معالجة مسبقة مكثفة للميكروفون، وفقا لمنظمة الأغذية والزراعة التابعة للأمم المتحدة، فان ثلث اجمالي الأغذية المنتجة للاستهلاك البشري يتم فقدانها او اهدارها في جميع انحاء العالم، أي 1.3 مليار طن رطب سنويا، أي ما يعادل 161 مليار دولار امريكي (منظمة الأغذية والزراعة2015). ان تحويل مخلفات الطعام ليس مفيدا للجدوى الاقتصادية للوقود الحيوي فحسب، بل له أيضا تأثير إيجابي على تنوع الأراضي وكذلك على البيئة، حيث يمكن تجنب ما يقرب من 400 كجم من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لكل طن من النفايات العضوية في مدافن النفايات، يعد الهضم اللاهوائي البكتيري ممارسة شائعة لتحويل نفايات الطعام الى غاز حيوي يتكون من 50%-75% ميثان و25%-50% ثاني أكسيد الكربون، ويمكن تطوير هذه العملية لإنتاج الغاز الطبيعي المتجدد او(RNG) يطابق جودة الغاز الطبيعي الاحفوري بينما يخفض بشكل فعال انبعاثات الكربون/طن من النفايات. يتم تحقيق التحلل المائي من خلال التحلل المائي البكتيري للمواد ذات الوزن الجزيئي العالي او المحتوى الحبيبي العالي الى أجزاء أصغر قابلة للذوبان (مثل الاحماض الدهنية والجلوكوز والاحماض الامينية)، والتي تتحلل الى احماض دهنية متطايرة ليتم هضمها بشكل أكبر في اسيتات الغاز الحيوي وCO_2 وH_2. يمكن بعد ذلك استخدام مجموعة الجزيئات هذه بواسطة الميثانوجين لإنتاج الميثان، الى جانب الميثان فان الهيدروجين الحيوي هو وقود غير كربوني وخالي من التلوث من اعلى إنتاجية للطاقة من بين أنواع الوقود المعروفة.

تحلل النفايات البلاستيكية وتحويلها الى وقود حيوي: يتم انتاج أكثر من 350 مليون طن من البلاستيك في العالم كل عام، تتمتع المواد البلاستيكية الاصطناعية بمقاومة عالية للعديد من العوامل الفيزيائية والكيميائية، وعلى هذا النحو يكون التحلل في البيئة الطبيعية بطيئا للغاية، وقد أظهرت بعض الميكروبات إمكانات كبيرة نحو التدهور. وفي نهاية المطاف، تحويل المواد البلاستيكية على سبيل المثال:Ideonella sakaiensis قادر على استقلاب الولي إيثلين تريفثاليت (PET) كمصدر اولي للكربون والطاقة، كما ان انزيمين PETase وMHETase، مسؤولان عن تحليل PET الى اثنين من المونومرات، حمض تيريفثاليك وجليكول الايثيلين.

كما تم الإبلاغ عن ان البكتيريا والفطريات الأخرى تؤدي الى تحلل مادة البولي يوريثين والبولي إيثلين والبولسترين والبولي بروبلين والبولي إيثلين والبولسترين والبولي آميد المرتبطة بالأستر، على الرغم من عدم وجود انزيمات إزالة البلمرة المدروسة جيدا، يمكن معالجة البولسترين والبولي بروبلين والبولي إيثلين بطريقة غير انزيمية، يمكن دمج مسارات التحلل الجزئي او الكامل البلاستيك من الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في الكائنات الحية الدقيقة المتوترة في مضيفات ميكروبية معاد التركيب ليس فقط لتكسير البوليمرات ولكن أيضا لتحويل منتجات التحلل الى وقود او مواد كيميائية قيمة او أطنان رطبة او مواد بلاستيكية قابلة للتحلل. (Yuzhong , et al., 2021)

المطلب الخامس: التحديات المواجهة لتحقيق التوازن بين إنتاج الوقود الحيوي وتوفر الأمن الغذائي.

إن عدم إقامة التوازن بين التوسع في زراعة محاصيل الطاقة لإنتاج الوقود الحيوي وبين زراعة المحاصيل الغذائية يؤثر سلبا على القطاع الزراعي، وذلك لتأثيرها على المشكلة الغذائية التي تعانيها الدول النامية خاصة، وسوف تتآكل معها الإيجابيات الناتجة من التوسع في زراعة محاصيل الطاقة.

حيث سيرتفع الطلب على المحاصيل الزراعية بشكل كبير وذلك بسبب التنافس الذي سيقع بين الطلب المتنامي عليها بصفتها محاصيل لسد حاجات الغذاء ومحاصيل لتلبية الطلب على الطاقة.

يتصف الطلب على المحاصيل الزراعية بغرض الغذاء بأنه:

- ليس له سقف محدد، وإنما يتزايد بشكل مستمر مع تزايد عدد السكان.
- يسمح ارتفاع معدلات النمو في بعض الأحيان بتحسن الأوضاع المعيشية وينعكس ذلك على المواد الغذائية بارتفاع الطلب عليها بصفة عامة.

يمكن إيجاز أثر عدم التوازن بين إنتاج الوقود الحيوي وتوفر الامن الغذائي على النحو التالي:

الفرع الأول: الأثر المباشر

أثر إنتاج الوقود الحيوي بواسطة استخدام المحاصيل الزراعية إلى زيادة الطلب عليها وبالتالي انخفاض المعروض منها للاستهلاك الغذائي وهو ما أدى إلى زيادة أسعار المحاصيل الغذائية.

الفرع الثاني: الأثر غير المباشر

تؤثر صناعة الوقود الحيوي بشكل غير مباشر في أسعار المواد الزراعية و الغذائية لتشمل أسعار باقي المواد الزراعية الأخرى التي لا تدخل حتى في إنتاجه، و ذلك من خلال أثر الإزاحة لمحاصيل الطاقة بحيث يأتي ذلك من التوسع في إنتاج الوقود الحيوي(الجيل الأول) باستخدام المحاصيل الزراعية سواء كانت ذات صفة غذائية أساسية، و يتم تحويلها إلى محاصيل طاقة أو محاصيل طاقة بطبيعتها،

حيث تقوم الدول المنتجة للوقود الحيوي إلى تحويل استعمال جزء من الأراضي المنتجة لمحاصيل زراعية مخصصة للغذاء إلى استخدامها في إنتاج محاصيل لإنتاج الوقود الحيوي.

وتتوقع الوكالة الدولية للطاقة زيادة حجم الأراضي الصالحة للزراعة الموجهة لإنتاج الوقود الحيوي السائل لتتراوح ما بين 2.5% و3.8% عام 2030 بعدما كانت تقدر عام 2004 ب 1%. ولقد أدى ذلك إلى رفع تكلفة الفرصة البديلة لكل هكتار من الأراضي للعاملين في المجال الزراعي في الدول النامية.

ومما ساعد على ذلك أيضا الدعم الحكومي للوقود الحيوي في الدول (نور الدين و عمر، 2014)

إنه من الصعب جدا تصديق المكانة الرفيعة التي تشاع أن الوقود الحيوي سوف يحتلها كبديل للنفط وغيره من مصادر الطاقة الراهنة، لأن التكاليف الاقتصادية للتحول للوقود الحيوي جد مرتفعة ولا تتطابق مع المنطق الاقتصادي، فعلى مستوى قطاع النقل فقط يستوجب التحول أتجاه الوقود الحيوي تغيير محركات كل العربات، كما أن تخزين الوقود الحيوي يحتاج إلى حيز أكبر في محطات الوقود ما سوف يكلف الفاعلين في قطاع النقل أموالا باهضه لتغيير كل ذلك.

ينعكس تزايد استخدام الوقود الحيوي على العلاقة بين العرض والطلب 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 الصوجا مثلا كمادة غذائية يدفع المستهلكين إلى استبدالها بغيرها من الحبوب أو الزيوت الغذائية، كما يمكن أن 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 وهو ما 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 لزيادة الطلب عليها من أجل إنتاج المواد الأولية المستخدمة في إنتاج الوقود الحيوي. (فاتح، 2015)

خلاصة الفصل:

كون هذه الدراسة تتمحور حول موضوع انتاج الوقود الحيوي وتأثيره على الغذاء، حيث وضحنا في هذا الفصل مفاهيم نظرية حول الوقود الحيوي حيث تطرقنا الى تطوره التاريخي وانواعه واستخداماته كما تعرفنا على الامن الغذائي وعلى مؤشراته، كما تطرقنا الى السياسات والتدخلات الحكومية لتطوير انتاج الوقود الحيوي وأيضا لتحقيق هدف الامن الغذائي. كما تم توضيح العلاقة بين كل من الوقود الحيوي والامن الغذائي، حيث نلاحظ ان الطلب المتزايد على الوقود الحيوي ودعم الواضح لزيادة الإنتاج له تأثير على أسعار المواد الغذائية وعلى توافرها، كما نلاحظ تأثير الوقود الحيوي الواضح على جودة الهواء والمياه أيضا يظهر تأثيرها على الأراضي الزراعية والمحاصيل المستعملة في انتاج الوقود الحيوي.

الفصل الثاني:

دراسة حالة البرازيل لتطور انتاج الوقود الحيوي وأثره على الامن الغذائي خلال الفترة 2003 -2023

تمهيد:

شهدت بداية القرن الحالي طفرة كبيرة في انتاج واستخدام الوقود الحيوي على المستوى العالمي، وخصوصا التجربة البرازيلية والتي تصدرت اهم الدول وانجحها في هذا المجال حيث انها وبسبب وفرتها على الموارد التي ساعدتها على تصنيع الوقود الحيوي بأنواعه كما انها تسعى لتطويره بالتوازي مع تحقيق امنها الغذائي والحفاظ على التوازن بين كل من الطاقة الحيوية والامن الغذائي حيث من خلال هذا الفصل سنتطرق الى التوضيح كيف تطورت السوق البرازيلية وتطور تكنولوجياتها والسياسات الحكومية للبرازيل منذ بداية دخولها في هذه الصناعة كيف دعمت الحكومة البرازيلية هذا النوع من الطاقة كما تطرقنا لاهم عنصر هو تحليل تأثير زيادة انتاج الوقود الحيوي على ابعاد الامن الغذائي.

وللقيام بهذه الدراسة التحليلية قسمن هذا الفصل الى ثلاث مباحث تتمثل في التالي:

- المبحث الأول: تطور صناعة الوقود الحيوي في البرازيل
- المبحث الثاني: تأثير زيادة انتاج الوقود الحيوي على المواد الغذائية في السوق البرازيلية من2003 الى 2023.
- المبحث الثالث: أثر السياسات الغذائية والامن الغذائي على التنمية المستدامة وآفاق الوقود الحيوي في البرازيل

المبحث الأول: تطور صناعة الوقود الحيوي في البرازيل منذ عام 2003 الى 2023.

تعتبر التجربة البرازيلية في مجال دعم الوقود الحيوي من خلال برنامج الايثانول (Proalcool)، ثم برنامج انتاج واستخدام البيو ديزل (PNPB)، من اهم التجارب على المستوى الدولي، حيث جاءت استجابت للطلب المتزايد على الوقود من جهة وتحقيقا لأهداف التنمية الإقليمية من جهة أخرى، وقد سمحت هذه التجربة للبرازيل باحتلال الصدارة العالمية في انتاج واستهلاك الايثانول والبيو ديزل لعدة عقود وبتحقيق الاكتفاء الذاتي من الوقود، علاوة على تحقيق اهداف التنمية الإقليمية.

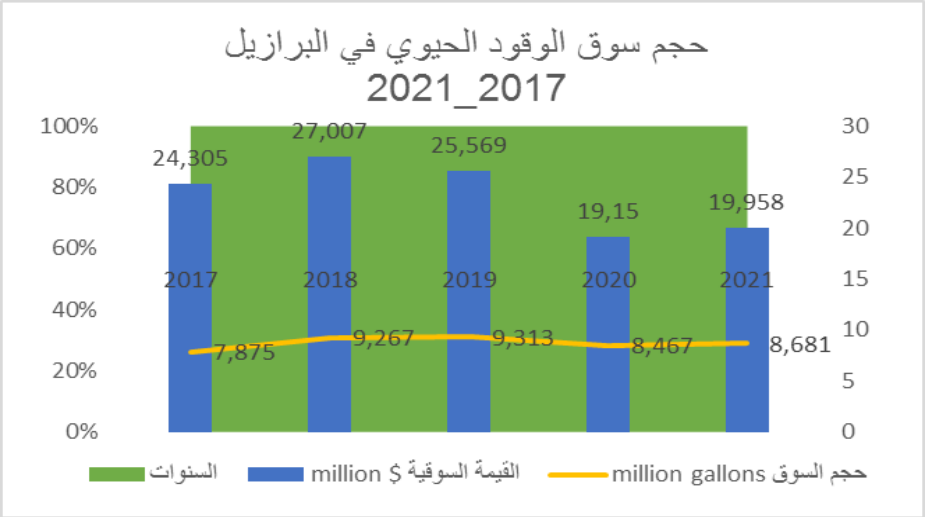
المطلب الأول: تطور سوق الوقود الحيوي البرازيلي

تعد البرازيل من الدول الرائدة في انتاج السكر، ومنذ عام 1975 باشرت برنامجها لإنتاج الايثانول كمصدر متجدد للطاقة من قصب السكر، وذلك بعد ارتفاع أسعار النفط عالميا بعد ازمة النفط عام 1973، وهذا دفع الحكومة الى تشجيع إعادة توجيه بعض انتاج قصب السكر لتوليد الايثانول كبديل للبنزين، ومن ثم الحد من واردات النفط.

أصبح الوقود الحيوي يشكل نصف مجموع الوقود الذي تستخدمه البرازيل لوسائل النقل، وبعد ثلاث عقود من البحث عن بدائل متجددة للطاقة، باتت محطات التعبئة في انحاء البرازيل مجهزة بمضخات تعطي ثلاث بدائل للبنزين: الايثانول الخالص، ومزيج من البنزين والايثانول يدعى "غاز وهول" (من كل متيAlcohol،Gazoline) والغاز الطبيعي المضغوط، هذا جعل من البرازيل دولة رائدة في صناعة الايثانول، وهي في الواقع تشاطر الولايات المتحدة المرتبة الأولى في انتاجه، لكنها تحتل المرتبة الأولى في تصديره.

يوجد في البرازيل نحو 325 محطة تستقبل نحو 425 مليون طن من قصب السكر سنويا، يوجه نصفه من اجل انتاج الايثانول (وهذا حسب احصائيات سنة 2016). وفي عام 2006 تم انتاج نحو 17.8 مليار لتر من الايثانول باستخدام نحو 2.9 مليون هكتار من الأراضي، وبحلول عام 2004 أصبح انتاج الايثانول منافسا اقتصاديا للأسعار الدولية للنفط. اذ أصبح سعره يعادل نحو 40 دولار للبرميل، لذا تعد البرازيل من النماذج الناجحة في صناعة الوقود الحيوي، واستطاعت خفض استهلاكها من البنزين نحو 40% وحل محله الايثانول، وقد ساعد تطوير سيارة " الوقود المرن " القادرة على السير بالإيثانول او البترول او مزيج من الوقودين، فضلا عن الحوافز الضريبية التي لعبت دورا هاما في دعم استهلاك الايثانول كبديل عن استخدام البنزين الذي ارتفع سعره. (حساني شحات، 2018_2019)

الشكل 01: حجم سوق الوقود الحيوي في البرازيل



(Market Size of Biofuels in Brazil (2017 – 2021), 2021)

حسب الشكل 01 الذي وضح حجم سوق الوقود الحيوي في البرازيل، تقدر قيمة سوق الوقود الحيوي في البرازيل ب19.958 مليون دولار، و يبلغ حجم استهلاك السوق 8.681 مليون جالون، انخفضت القيمة السوقية للبلاد بمعدل نمو سنوي مركب قدره 4.8% خلال الفترة 2017_2021، كما انخفض حجم السوق أيضا بمعدل نمو سنوي مركب قدره 2،5% خلال هذه الفترة، انخفض سوق البرازيل على مدى العامين الماضيين 2020-2021 بسبب عمليات الاغلاق بسبب فيروس كورونا، لكنها تظل اللاعب المهم في السوق و قد ساعد في ذلك التفويضات الحكومية بشان استخدام الوقود الحيوي، حيث استخدمت البرازيل تشريعات المسار السريع لتسريع تنفيذ RenovaBio، ويهدف هذا البرنامج الى استخدام الوقود الحيوي لخفض انبعاثات الغازات الدفيئة في المستقبل، كما ساعد أيضا سوق الوقود الحيوي البرازيلي على النمو.

اعتبارا من عام 2022، ظلت البرازيل ثاني أكبر دولة رائدة في انتاج الايثانول، بعد الولايات المتحدة التي تعد أكبر مستهلك ومنتج ومصدر للإيثانول على مستوى العالم. بالإضافة الى ذلك، اعتبارا من عام 2022، وفقا لإحصائيات شبكة المعلومات الزراعية العالمية، يقدر اجمالي استهلاك الإيثانول بنحو 29.60 مليار لتر، ويقدر اجمالي استخدام الإيثانول كوقود في البلاد ب 27.67 مليار لتر. على غرار وقود الديزل الحيوي، يتم مزج الايثانول مع البنزين لاستخدامه في النقل، واعتبارا من يناير 2023، بلغت نسبة الايثانول الحيوي 27%. ومع نمو استهلاك الوقود بسرعة، من المتوقع ان تقود مثل هذه التفويضات السوق خلال العام المقبل 2024.

أدى الوقود الحيوي المستخرج من الذرة في البرازيل الى زيادة حصته في مزيج الإيثانول في البلاد في السنوات الأخيرة، ويرجع ذلك أساسا الى زيادة الطاقة الإنتاجية المتركزة في ولايتي ما تو جروسو وجوياستيس في البلاد ومع ذلك فان الظروف الجوية القاسية

والحرائق التي شهدناها في 2021_2022 قد اضرت بالأنشطة الزراعية والحقت اضرارا بجذور قصب السكر، وهو ما من المتوقع ان يؤثر سلبا على الإنتاج خلال السنتين او الثلاث سنوات القادمة.

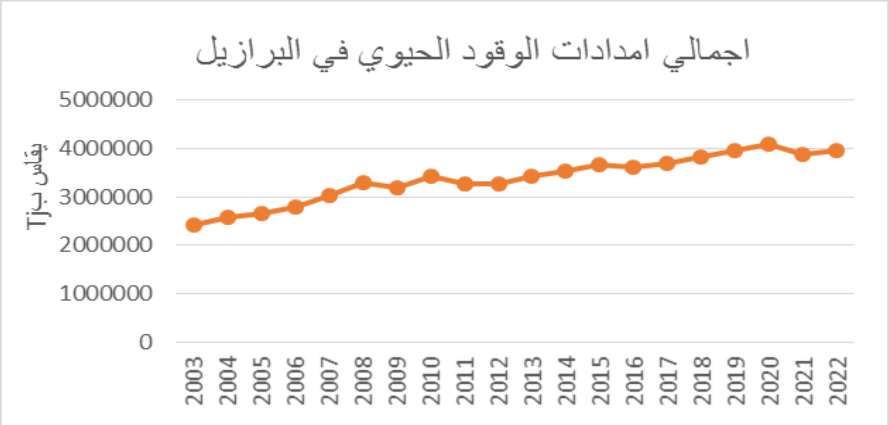
سوق الوقود الحيوي البرازيلي موحد بشكل معتدل بطبيعته. بعض اللاعبين الرئيسيين في السوق هم: Brazil bio fuels، Humberg ، Raizen S\A، Atvos Agriondustrial Investimentos S\A،BP Bunge Bioenergia SA (Brazil Biofuel Market Trends, 2023-2024) Agribrasil Comercio e Exportacao de Graos SA.

الجدول 01: احصائيات اجمالي امدادات الوقود الحيوي في البرازيل

السنوات	اجمالي امدادات الوقود الحيوي يقاس ب تيرا جول Tj
2003	2405347
2004	2573364
2005	2664627
2006	2795524
2007	3038599
2008	3297890
2009	3199372
2010	3425480
2011	3261180
2012	3277966
2013	3419880
2014	3530397
2015	3673016
2016	3616064
2017	3695155
2018	3828100
2019	3944036
2020	4090245
2021	3881885
2022	3968936

(IEA، احصائيات لامدادات الوقود الحيوي في البرازيل من 2003 الى 2022، 2024)

الشكل 02: منحنى يوضح اجمالي امدادات الوقود الحيوي في البرازيل



مخرجات برنامج Excel بالاعتماد على الجدول رقم 01

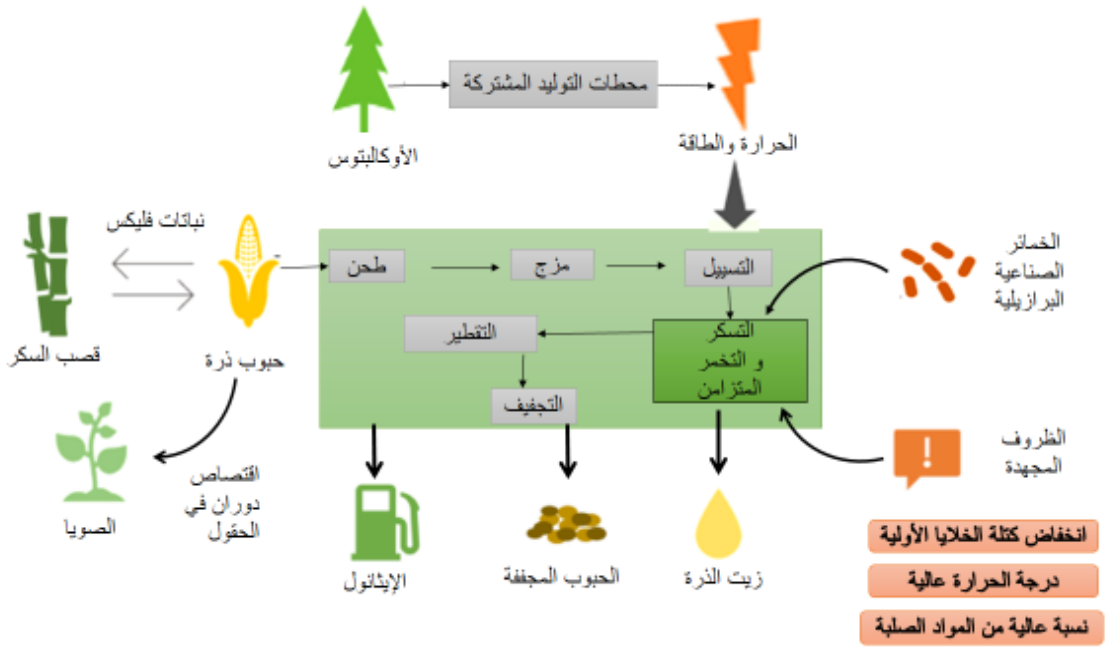
يمثل الجدول 01 والشكل (02) اجمالي امدادات الوقود الحيوي في البرازيل حيث نلاحظ من خلاله زيادة مستمرة في امدادات الوقود الحيوي على مدار سنوات الدراسة من 2003 _2022 مع بعض التقلبات الطفيفة في بعض السنوات ، كما نلاحظ

بتحديد سنة 2020 زيادة واضحة قدرت ب 4090245 تيرا جول ثم عادت للانخفاض سنتي 2021 و 2022 يمكن وضع بعض الأسباب لذلك حيث ان في هذه سنوات تعرض العالم لجائحة كورونا التي تسببت بزيادة في الطلب على الوقود رغم الاضطرابات وقتها الا ان الطلب ساعدة على الارتفاع الطفيف في الامدادات لكن بسبب استمرار القيود والتباطؤ الاقتصادي أدى الى انخفاض الطلب، واثرت الجائحة أيضا سلاسل التوريد والنقل مما اثر على قدرة المنتجين على إيصال الوقود الحيوي الى الأسواق في العامين التاليين 2021 و 2022 كما ان البرازيل واجهت في هاتين السنتين ظروف مناخية غير مواتية مثل الجفاف والفيضانات مما اثر على انتاج المحاصيل المستخدمة في انتاج الوقود الحيوي مثل قصب السكر و الذرة مما أدى الى انخفاض الامدادات، كما يمكن القول ان من أسباب هذا النمو المستمر في باقي السنوات حيث انه رغم الانخفاض الطفيف سنة 2020 نلاحظ حسب الشكل 02 ان امدادات الوقود الحيوي ذات نمو متواصل من سنة 2003 الى 2022 من أسبابه هو الطلب المتزايد على الوقود الحيوي في البرازيل مما يؤثر على زيادة الإنتاج و ذلك نتيجة لتوفر الدعم الحكومي و السياسات الداعمة الى تعزيز الطاقة المتجددة و المستدامة ، كما انا تطور التكنولوجيا و زيادة الاستثمار في مصادر الوقود الحيوي خصوصا ان البرازيل لديها المقومات والعناصر المساعدة لذلك و باعتبارها دولة صاعدة في مجال الوقود الحيوي.

المطلب الثاني: تطور تقنيات وتكنولوجيا انتاج الوقود الحيوي البرازيلية

يزدهر قطاع الوقود الحيوي في البرازيل بالابتكارات والتقدم التكنولوجي، تشمل هذه التطورات مجالات مختلفة، بما في ذلك المحاصيل المعدلة وراثيا التي تنتج المزيد من السكريات القابلة للتخمير، وتحسين عمليات التخمير، والتقدم في انتاج وقود الديزل الحيوي من النفايات والمصادر غير الصالحة للأكل. بالإضافة لذلك، فان الوقود الحيوي من الجيل الثاني مثل الإيثانول السيلوليزي (2G) يكتسب قوة جذب، حيث يستغل الأجزاء غير الغذائية من المحاصيل ويعد بإنتاجية اعلى دون الحاجة الى أراضي إضافية. و تشمل التطورات التكنولوجية تعزيز معدلات التمثيل الضوئي في قصب السكر و مقاومته للآفات و الامراض، مما قد يؤدي الى زيادة الإنتاجية في الأراضي الزراعية القائمة_ و هي الميزة التي قد تؤدي الى زيادة كبيرة في انتاج الوقود الحيوي في البرازيل، تتضمن ابتكارات عملية التخمير استخدام الخمائر و البكتيريا المتخصصة لتحسين الكفاءة، و تقليل المنتجات الثانوية التي تمنع التخمر، و تحسين تحويل السكريات الى ايثانول بالنسبة لوقود الديزل الحيوي، بدأت التكنولوجيا الزيوت النباتية المعالجة بالهيدروجين في الظهور، و التي يمكنها معالجة مواد أولية مختلفة، بما في ذلك الزيوت و الدهون منخفضة الجودة، و تحويلها الى وقود ديزل حيوي عالي الجودة، و علاوة على ذلك، تستثمر البرازيل في تحسين المصافي الحيوية لمعالجة مواد أولية متعددة، و زيادة انتاج الوقود الحيوي، كفاءة سلسلة القيمة، و الحد من النفايات. وتجري أيضا أبحاث حول الطحالب الدقيقة لإنتاج الوقود الحيوي، مع إمكانية انتاج الطحالب وقودا لكل هكتار أكثر من المحاصيل التقليدية وفي البيئات غير الصالحة للزراعة. والجدير بالذكران تقنيات نمو وحصاد الطحالب تشهد تطورا كبيرا. وتساهم التحسينات الإضافية في لوجستيات الوقود الحيوي، بداء من النقل والتخزين الأكثر كفاءة الى البنية التحتية المحسنة للوقود، وفي تقدم الشامل للقطاع. ومع تزايد عدد سكان البرازيل وزيادة الطلب على الطاقة، فان هذه الابتكارات التكنولوجية ليست مرغوبة فحسب بل انها ضرورية للحفاظ على القدرة التنافسية لصناعة الوقود الحيوي والاستدامة، ان الالتزام بتحسين المستمر والتكيف مع ظروف السوق يؤكد على طبيعة الديناميكية لقطاع الوقود الحيوي في البرازيل. ويشير التركيز على التكنولوجيات النظيفة الى ان الوقود الحيوي سيظل على الأرجح عنصرا أساسيا في مزيج الطاقة في البرازيل في المستقبل. (Brazil Biofuel Case Study, 2021)

الشكل 03: مخطط يوضح عملية انتاج ايثانول الذرة في البرازيل



(Carazzolle, 2022)

ان التغيير الوشيك في مصفوفة الطاقة العالمية يجعل من الضروري زيادة انتاج الوقود المتجدد، وفي السنوات الأخيرة، تم القيام باستثمارات قوية لتوسيع استخدام الذرة في انتاج الايثانول البرازيلي. وقد أدى الجمع بين صناعتي قصب السكر الايثانول الذرة الى ابتكارات في هذا القطاع، مثل المطاحن المرنة وهي مطاحن قصب السكر تقليدية تم تكييفها لإنتاج ايثانول الذرة في غير موسم قصب السكر، تمتلك البرازيل مجموعة من الخمائر الصناعية القوية لإنتاج الايثانول من قصب السكر، والتي تم تطويرها واختيارها بشكل طبيعي على مدار الخمسين عاما الماضية.

وضح الشكل 03 أداء السلالات الصناعية البرازيلية (المستخدمة على نطاق واسع في انتاج ايثانول قصب السكر SA-1، PE-2،CAT-1، BG-1) في انتاج ايثانول الذرة باستخدام ظروف اجهاد مختلفة. الايثانول تم استخدام فيه الخميرة الحمراء، المستخدمة تقليديا في مصانع ايثانول الذرة حول العالم، كعنصر تحكم في عمليات التخمير ذات تركيز المواد الصلبة العالية (35%)، SA-1 وBG-1 ومن حيث تحمل درجة الحرارة (35 درجة مئوية)، برزت السلالتان الى محتويات ايثانول اعلى من 19% وزن\حجم وحققت زيادة في الإنتاجية بنسبة 5.8% مقارنة بالتخمير بنسبة 30%. وصلت سلالة BG-1 وكانت هذه هي المرة الأولى التي يتم فيها تقييم هذه السلالات الصناعية باستخدام تركيز المواد الصلبة العالية بنسبة 35% وتشير النتائج الى الطرق لتحسين عملية انتاج الايثانول من الذرة. (Carazzolle, 2022)

يبين الجدول 02 مرافق انتاج الوقود الحيوي المتقدمة العاملة في البرازيل. تمتلك البرازيل مصنعين تجاريين للإيثانول السليلوز، بما في ذلك منشاة Bioflex-1 التابعة لشركة GranBio في مدينة ساو ميغيل دوس كامبوس والتي تبلغ طاقتها الإنتاجية السنوية الاسمية 60 مليون لتر، ومصنع رايزن في بيراسيكابا الذي تبلغ طاقته السنوية 42 مليون لتر.

بالإضافة الى ذلك، يوجد مصنع تجريبي في CTC بمدينة بيراسيكابا تبلغ طاقته السنوية 3 ملايين لتر، تعمل المحطات التجارية على تصحيح المشكلات الفنية بشكل رئيسي في مرحلتي المعالجة المسبقة وترشيح اللجنين، ولا تزال هاتان المحطتان تعملان بأقل من طاقتهما التصميمية الاسمية، وبحلول عام 2024 تخطط RAIZEN لبناء سبعة مصانع أخرى للإيثانول السليولوزي.

ومؤخرا، افتتحت شركة RAIZEN واحدة من أكبر محطات الغاز الحيوي في العالم، ومقرها في مدينة جواريبا، وبقدرة 21 ميغاوات. سيتم استخدام هذه المحطة لإنتاج 138 ميغاوات/ساعة سنويا من النبيذ (اثناء الحصاد) وكعكة الترشيح (في غير موسمها). (Tomas & Hannah, 2023)

الجدول 02: مرافق انتاج الوقود الحيوي المتقدمة في البرازيل

الطاقة الإنتاجية	تكنولوجيا	الحالة (مخطط، تشغيلية، مغلقة)	شركة
60مليون لتر/ سنة	E2G-Bioflex(AVAPe Green Power+)	التشغيل	GranBio Bioflex-1
42 مليون لتر/ سنة	E2G-logen Corporation	التشغيل	Raizen-Costa Pinto
3 مليون لتر / سنة	E2G	التشغيل	CTC

(Tomas & Hannah, 2023)

وتشارك البرازيل أيضا في مبادرة خطة تعويض وخفض الكربون للطيران الدولي (CORSIA) لتطوير وقود الطائرات الصديق للبيئة. كورسيا هي اتفاقية لخفض الانبعاثات، انشاتها منظمة الطيران المدني الدولي (ICAO) وشركات الطيران الكبرى. بالإضافة الى أدوات تعويض الانبعاثات وتعزيز كفاءة استخدام الطاقة (تشمل الإدارة الفنية/ الطائرات، والإدارة النظامية/ التشغيلية والبنية التحتية للمطارات)، تعمل خطة كورسيا على تعزيز استخدام الوقود الحيوي للطيران، والذي يجب ان يتم انتاجه من خلال عمليات معتمدة من قبل الجمعية الامريكية للاختبار والتقييم، المواد الدولية (ASTM الدولية). وقد تم تحديث لائحة السوق البرازيلية للسماح باستخدام هذا النوع من الوقود الحيوي في الطيران.

تجدر الإشارة الى انه لا تزال هناك تحديات صناعية واقتصادية امام انتاج وقود الطائرات الحيوية ليكون تنافسيا من حيث التكلفة في البرازيل وفي جميع انحاء العالم مع كيروسين الطيران ذو الأصل الاحفوري.

يهدف برنامج ProQR، وهو برنامج تابع للحكومة الفيدرالية البرازيلية، من خلال وزارة العلوم والتكنولوجيا والابتكار والاتصالات (MCTIC)، بالتعاون مع الحكومة الألمانية، الى تطوير مشاريع وقود بديل دون تأثيرات مناخية على الطيران. ومن المتوقع انه في غضون ما يصل الى ثلاث سنوات اعتبارا من عام 2020، سيتم تنفيذ اول مصنع تجريبي لإنتاج الكيروسين المستدام للطيران في مدينة سيارا.

و هناك مبادرة أخرى تتمثل في التجارب التي أجريت على المعالجة المشتركة للزيوت النباتية مع المواد الأولية البترولية في المعالجات المائية في مصافي التكرير بمستوى 10% من حيث الحجم في مصفاتي بترول بترو براس (Gabriel Passos-REGAP في ولاية ميناس جيرايس وrepar في ولاية ميناس جيرايس، بارانا)، تم وضع خطط لمعالجة الزيوت النباتية في وحدات بترو براس الأخرى بما في ذلك مصفاة هنريكي لاج – تجديد في ولاية ساو باولو و مصفاة بريزيدنت بيرناردیس (RPBC) في ولاية ساو باولو و مصفاة دوكي دي كاكسياس – ريدوك في ولاية ريودي جانيرو. ومع ذلك، لم يتم تنفيذ هذا النهج في المعالجة المائية بشكل فعال بسبب القدرة التنافسية الاقتصادية المحدودة. (Tomas & Hannah, 2023)

المطلب الثالث: تطور السياسات الحكومية للوقود الحيوي في البرازيل

الجدول 03: تطور سياسات الوقود الحيوي والصناعة في البرازيل منذ عشرينيات القرن العشرين

السنوات	الحالة
1931	الزامية إضافة نسبة 5% ايثانول الى البنزين المستورد.
1938	الزامية إضافة نسبة 5% ايثانول الى البنزين الوطني.
1969	انشاء مركز تكنولوجيا قصب السكر (CTC).
1971	إطلاق الخطة الوطنية لتحسين قصب السكر (Palnalsucar).
1975	إطلاق PROALCOOL الذي يؤدي الى إضافة 10% من الايثانول الى البنزين، وزيادة تدريجية تصل الى 20% في 1980.
1979	ادخال المركبات الخفيفة الى الايثانول المائي النقي (96% ايثانول)
1986	انشاء برنامج التحكم في تلوث الهواء بالمركبات (PROCONVE)، والذي وضع بشكل تدريجي حدودا لانبعاثات المركبات وعزز الاهتمام بالإيثانول.
2002	انشاء شبكة البحث والتطوير التكنولوجي في مجال وقود الديزل الحيوي (البروبيوتيك).
2003	مقدمة للمركبات ذات الوقود المرن.
2006	انشاء الوكالة البرازيلية للبحوث الزراعية (EMBRAPA) للطاقة الزراعية.
2009	افتتاح المختبر البرازيلي لعلوم وتكنولوجيا الايثانول الحيوي (CTBE).
2015	بداية انتاج ايثانول الذرة.
2015	ادخال أصناف قصب السكر ذات كفاءة الطاقة المحسنة.
2017	هذا العام تم إطلاق RenovaBio.

(Tomas & Hannah, 2023)

حسب الجدول 03 ففي عام 1931، طبقت الحكومة البرازيلية مزيجا إلزاميا من الايثانول اللامائي بنسبة 5% على الأقل في البنزين، بهدف تقليل الاعتماد على النفط المستورد واستيعاب الإنتاج الزائد لصناعة السكر في عام 1975، واستجابة لتأثيرات الصدمات النفطية خلال السبعينات، انشات الحكومة البرازيلية البرنامج الوطني للكحول (PROALCOOL)، مما أدى الى زيادة مستوى مزج الايثانول حتى 25% في البنزين (E25) وكذلك ادخال الايثانول المائي (E100، حوالي 95% ايثانول و5% ماء) للاستخدام في المركبات المخصصة.

تم في النهاية التخلص التدريجي من استخدام المركبات المخصصة للإيثانول واستبدالها بمزيج الزامي من الايثانول في البنزين، بدءا من E10. وقد تباين محتوى الايثانول في البنزين البرازيلي على مدى العقود المتعاقبة وهو حاليا 27%. منذ أكثر من 80 عاما، تستخدم جميع السيارات البرازيلية مزيجا من الايثانول والبنزين بأداء جيد ودون أي مشاكل ملحوظة.

تمت المرحلة الثانية من التوسع بسبب فرصة السوق الجديدة، في عام 2003 تم إطلاق سيارات الوقود المرن، مما يوفر للسائقين خيار استخدام البنزين (الذي يحتوي على 20%_27% من الايثانول اللامائي) والايثانول المائي باي مزيج.

وكنتيجة لذلك، عاد استهلاك الايثانول المائي في السوق المحلية البرازيلية، مما خلق فرصا جديدة لتوسيع صناعة قصب السكر في البرازيل، فضلا عن إمكانية تصدير المزيد من الايثانول لتلبية الطلب العالمي على الوقود، خلال الفترة 2003_2008،

توسعت صناعة قصب السكر البرازيلية بسرعة، مع تشغيل العديد من مصانع ايثانول السكر الجديد والاكثر كفاءة والعديد منها يصدر الطاقة الى الشبكة.

اعتبارا من عام 2008، واجه القطاع صعوبات كبيرة بسبب ازمة النفط وارتفاع الدولار مما أدى الى زيادة كبيرة في ديونهم المرتبطة بهذه العملة، وأدى الى مرحلة الدمج داخل الصناعة. وذلك، ارتفع الإنتاج بنسبة 1،8% بين عامي 2008 و2017، وفي عام 2019 بلغ انتاج الايثانول 36 مليار لتر، وبلغت حصة الايثانول في مزيج الوقود الذي تستخدمه المركبات الخفيفة (دورة اوتو بمكافئ البنزين) 54.8% وهي الأعلى في التاريخ.

بدا برنامج الديزل الحيوي في البرازيل في عام 1980 بمبادرة PRO-OLEO (خطة انتاج الزيوت النباتية لأغراض الطاقة)، تم فرض مستوى مزيج نسبة 30% من الزيوت النباتية او مشتقات الديزل الاحفوري، وعلى المدى الطويل، الاستبدال الكامل. وكان البديل التكنولوجي المقترح لإنتاج الوقود الحيوي هو أستره الزيوت النباتية، وكان الدافع الرئيسي هو ازمة النفط والزيادة الحادة في أسعار الوقود التي تسببت فيها، بعد انخفاض أسعار النفط العالمية في عام 1986، تم التخلي عن برنامج PRO-OLEO.

في نهاية القرن العشرين، تم اجراء العديد من الدراسات من قبل لجان مشتركة بين الوزارات بالشراكة مع الجامعات ومراكز البحوث، وفي عام 2002 تم اختيار تحليل الايثانول للزيوت النباتية باعتباره الطريق الرئيسي لبدء برنامج بديل للديزل النفطي، برنامج البروبيوديزل، نظرا لان البرازيل منتج كبير للإيثانول، فقد تم اختيار تحليل الايثانول كطريق للإنتاج بدلا من تحليل الميثان.

تم انشاء البرنامج الوطني لإنتاج واستخدام وقود الديزل الحيوي (PNPB) في عام 2005 لزيادة تحفيز الطاقة والأهداف الاقتصادية والاجتماعية بالإضافة الى تعزيز انتاج المواد الأولية من قبل صغار المزارعين، تطور هذا البرنامج تدريجيا حيث اثبت زيت فول الصويا والشحم انهما المواد الأولية الأكثر صلة بالإنتاج، حيث اعتمد عملية الأستر التبادلية باستخدام الميثانول. وكان هناك أيضا هدف تقليل الاعتماد على الديزل المعدني، يتطلب هذا البرنامج استبدال B5 بحلول عام 2005 ولديه جدول زمني للوصول الى B15 في عام 2023، وفي عام 2020، سيكون مستوى المزج الالزامي لوقود الديزل الحيوي هو وبموجب برنامج RENOVABIO، سيتم اعتماد انتاج الوقود الحيوي من خلال LCA مع اصدار شهادات خفض انبعاثات غازات دفيئة، بالاسم للمنتجين الذين يمكن تداولهم في سوق الأوراق المالية وشرائهم من قبل موزعي الوقود. ويقابل CBIO الواحد انخفاضا بمقدار طن واحد من ثاني أكسيد الكربون مقارنة بانبعاثات الوقود الاحفوري ومن خلال مشروع RENOVABIO، تخطط الحكومة لزيادة انتاج الايثانول والديزل الحيوي (MME،2020).

وفي عام 2019، دعت الوزارة الى اجراء دراسات لدعم صياغة التدابير الرامية الى تعزيز المنافسة الحرة في امدادات الوقود والمنتجات البترولية الأخرى والوقود الحيوي.

وفي عام 2020، وافقت وكالة الوطنية للنفط والغاز الطبيعي والوقود الحيوي (ANP) في البرازيل على بدء جلسة استماع عامة حول مواصفات الديزل الأخضر، وهو وقود متجدد لمحركات الاحتراق بدورة الديزل، ويتم انتاجه عن طريق هدرجة المواد الخام المتجددة مقل الدهون النباتية والحيوانية وقصب السكر والكحول والكتلة الحيوية، سيتم إضافة الوقود الجديد الى الديزل الاحفوري، والذي يحتوي حاليا على وقود الديزل الحيوي بنسبة 12% إلزاميا. (Tomas & Hannah, 2023)

الجدول 04: وكالات التمويل التي تدعم تطوير الوقود الحيوي في البرازيل

الوكالة	البرنامج
BNDES	هو بنك تنمية تم إنشاؤه كشركة عامة اتحادية مرتبطة بوزارة التنمية والصناعة والتجارة الخارجية (MDIC)، والهدف المعلن هو توفير تمويل طويل الاجل للمساعي التي تساهم في تنمية البلاد.
CNPq	هي منظمة تابعة لوزارة العلوم والتكنولوجيا (MCT) في البرازيل، مكرسة لتعزيز البحث العلمي والتكنولوجي وتكوين الموارد البشرية للبحث في البلاد.
CTC	هو معهد أبحاث يركز على تطوير صناعة الايثانول البرازيلية، يتمثل نشاط الشركة في تطوير أصناف وتقنيات جديدة في انتاج قصب السكر والايثانول بما في ذلك التحسين الوراثي (أصناف جديدة)، والتكنولوجيا الحيوية والوقود الحيوي من الجيل الثاني.
EMBRAPA	هي شركة أبحاث مملوكة للدولة تابعة لوزارة الزراعة البرازيلية، مكرسة لتطوير التقنيات والمعرفة والمعلومات التقنية العلمية التي تستهدف الزراعة البرازيلية، بما في ذلك الثروة الحيوانية.
BIOEN-FAPESP	هي مؤسسة عامة تقع في مدينة ساو باولو، البرازيل، مع الهدف من تقديم المنح، صناديق و برامج لدعم البحث و التعليم و الابتكار في المؤسسات الخاصة و العامة شركات، يهدف برنامج أبحاث الطاقة الحيوية (BIOEN) التابع ل FAPESP الى دمج الأبحاث الشاملة على قصب السكر و النباتات الأخرى التي يمكن استخدامها كمصادر للوقود الحيوي، مما يضمن مكانة البرازيل بين القادة في مجال الطاقة الحيوية، تشمل الأبحاث تحسين الكتلة الحيوية، و الإنتاج و المعالجة، و انتاج الوقود الحيوي، و المصافي الحيوية و المحركات و الاستدامة والتأثيرات.
FINEP	يرتبط FINEP ب MCT، ويعمل على تعزيز العلوم والتكنولوجيا والابتكار في الشركات والجامعات والمعاهد التكنولوجية والمؤسسات العامة/الخاصة. يقع المقر الرئيسي ل FINEP في مدينة ريو دي جانيرو.

(Tomas & Hannah, 2023)

يوضح الجدول 04 وكالات التمويل التي تدعم تطوير الوقود الحيوي في البرازيل التي تلعب دورا محوريا في تعزيز هذا القطاع عبر تقديم مجموعة من المساعدات المالية والفنية، وهذه الوكالات توفر التمويل والاستثمارات الضرورية للشركات والمزارعين لشراء المعدات وتحسين البنية التحتية، مما يمكنهم من توسيع قدرات الإنتاج. بالإضافة الى ذلك، تدعم وكالات التمويل البحث والتطوير في تقنيات جديدة لزيادة كفاءة الإنتاج وتقليل التكاليف، وتقدم برامج تدريبية لتعزيز مهارات العاملين، كما تتعاون مع الحكومة لتطوير سياسات وتنظيمات تحفز نمو القطاع، بما ذلك حوافز ضريبية ومعايير الجودة. تسهم الوكالات أيضا في بناء البنية التحتية مثل مصانع التكرير وشبكات النقل لضمان وصول الوقود الحيوي الى الأسواق، وتدعم المشاريع التجريبية والابتكارات التي يمكن ان تحسن الإنتاج، علاوة على ذلك تعزز الشركات بين القطاع الخاص والعام والتعاون الدولي لتبادل المعرفة والتكنولوجيا، وتقوم بحملات توعية لتشجيع قبول الوقود الحيوي بين المستهلكين بذلك تسهم وكالات التمويل في خلق بيئة مواتية لنمو وتطور قطاع الوقود الحيوي في البرازيل، مما يعزز الاستدامة الاقتصادية والبيئية وأيضا تساهم في تحقيق الامن الطاقوي.

الجدول 05: البرامج الرئيسية التي تدعم تطوير الوقود الحيوي في البرازيل

برنامج	الوصف
BNDES-PAISS	الخطة المشتركة لدعم الابتكار التكنولوجي الصناعي في قطاعات الطاقة و الكيماويات المعتمدة على السكر (PAISS) هي مبادرة مشتركة بين BNDES و FINEP مخصصة لمنتجي قصب السكر في المناطق الريفية و تعاونيا تهم لاختيار خطط الاعمال وتعزيز المشاريع التي تفكر في التطوير و الإنتاج و التصنيع، تسويق التقنيات الصناعية الجديدة للكتلة الحيوية لقصب السكر (على سبيل المثال،E2G، والتغويز) يعمل BNDES PAISS في عدد قليل من الخطوط الموضعية، بما في ذلك: الخط الموضوعي 1 الجيل الثاني (الايثانول اللجنوسيليلوزي): تطوير تقنيات جمع ونقل قصب السكر، تحسين عمليات المعالجة المسبقة للتحلل المائي للكتلة الحيوية لقصب السكر. تطوير عمليات انتاج الانزيمات و/او عمليات التحلل المائي للمواد الجينية السليلوزية من الكتلة الحيوية لقصب السكر. تطوير الكائنات الحية الدقيقة و/او عمليات تخمير البنتوز، وتكامل العمليات وجدولة انتاج الايثانول السليولوزي. الخط الموضوعي 2 المنتجات الجديدة لقصب السكر: تطوير منتجات جديدة يتم الحصول عليها مباشرة من الكتلة الحيوية لقصب السكر من خلال عمليات التكنولوجيا الحيوية. تكامل وجدولة العمليات لإنتاج منتجات جديدة يتم الحصول عليها مباشرة من الكتلة الحيوية لقصب السكر.
BNDES-Pro Rénova	برنامج دعم تجديد وتنفيذ محاصيل قصب السكر الجديدة (ProRenova) هو برنامج تمويل لتجديد وزراعة حقول قصب السكر الجديدة وتعزيز انتاج قصب السكر في البلاد.
BNDES-ABC Program	ويسعى برنامج ABC الى تشجيع الاستثمار في المشاريع الزراعية التي تقلل من انبعاثات الغازات الدفيئة وإزالة الغابات، بالإضافة الى توسيع مساحة الغابات المزروعة، وتحفيز إنعاش المناطق المتدهورة، وزيادة الإنتاج الزراعي.

(Tomas & Hannah, 2023)

بحسب الجدول 05 تعد البرامج BNDES-PAISS وBNDES-PRO Renova وBNDES-ABC Program هي البرامج الرئيسية لتطوير قطاع الوقود الحيوي البرازيلي حيث تقدم مساعدات مالية وتقنية تهدف الى تعزيز الابتكار والاستدامة. حيث ان برنامج BNDES-PAISS يركز على تمويل الأبحاث والتطوير في التقنيات الجديدة مما يساعد في تحسين كفاءة الإنتاج والقدرات التكنولوجية، في المقابل يساهم برنامج BNDES-PRO Renova في تمويل مشاريع الطاقة المتجددة بما في ذلك الوقود الحيوي، عبر تخفيض التكاليف الاستثمارية وتعزيز البنية التحتية للطاقة النظيفة مما يدعم التحول نحو مصادر طاقة اكثر استدامة، اما من جهة أخرى يدعم برنامج BNDES-ABC الممارسات الزراعية المستدامة التي تقلل من انبعاثات الكربون، مما يعزز الإنتاج الزراعي النظيف ويزيد من إنتاجية المحاصيل المستخدمة في انتاج الوقود الحيوي. من خلال هذه البرامج يتم تحسين كفاءة الإنتاج وتخفيض التكاليف، وتعزيز الاستدامة البيئية مما يجعل الوقود الحيوي خيارا أكثر جاذبية واستدامة في البرازيل.

المبحث الثاني: تأثير زيادة انتاج الوقود الحيوي على المواد الغذائية في السوق البرازيلية.

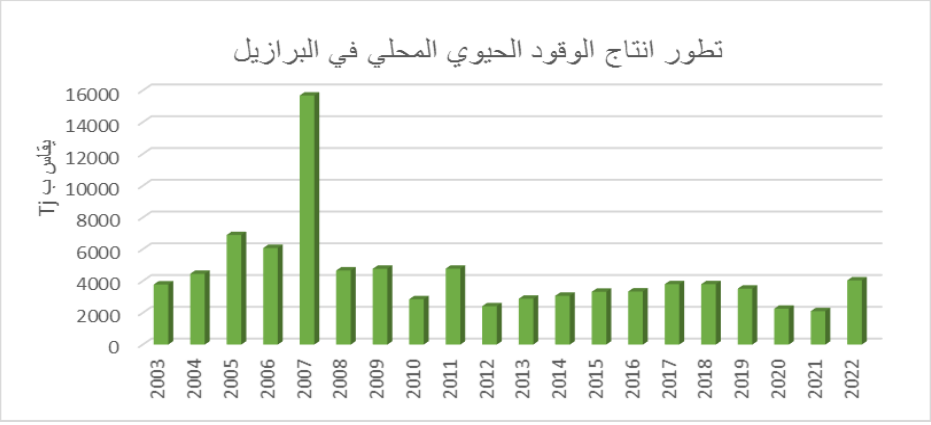
المطلب الأول: تأثير انتاج الوقود الحيوي على وفرة المواد الغذائية

الجدول 06: احصائيات تطور انتاج الوقود الحيوي المحلي في البرازيل

السنوات	تطور انتاج الوقود الحيوي المحلي في البرازيل
2003	3785
2004	4454
2005	6898
2006	6081
2007	15681
2008	4667
2009	4772
2010	2855
2011	4779
2012	2415
2013	2887
2014	3074
2015	3326
2016	3342
2017	3804
2018	3805
2019	3523
2020	2260
2021	2103
2022	4042

(IEA، احصائيات تطور انتاج الوقود الحيوي المحلي في البرازيل من 2003 الى 2022، 2024)

الشكل 04: منحنى يوضح تطور انتاج الوقود الحيوي في البرازيل



مخرجات برنامج EXCEL بالاعتماد على الجدول رقم 06

نلاحظ من خلال الجدول 06 والشكل 04 ان انتاج الوقود الحيوي في البرازيل شهد تطورا ملحوظا في العقدين الماضيين حيث تم قياسه بوحدة التيرا جول (Tj). حيث ان بين عامي 2003 و2006 لوحظ نمو متقارب يعكس بداية اعتماد الوقود الحيوي كبديل للطاقة التقليدية. اما في عام 2007 حدث ارتفاع واضح في الإنتاج قدره 15681 تيرا جول، مدفوعا بالسياسات

الحكومية الداعمة والطلب المتزايد على الطاقة المتجددة، إضافة الى تحسين التكنولوجيا والبنية التحتية خصوصا ان البرازيل في تلك الفترة طورت تقنيات زراعية حديثة لزراعة قصب السكر مما زاد من إنتاجية المحاصيل المستخدمة في انتاج الايثانول.

اما من 2008 الى 2019 استمر الإنتاج في النمو مع بعض التذبذبات الطفيفة، مما يعكس تأقلم السوق مع التغيرات الاقتصادية والتكنولوجية، وزيادة الاستثمارات في القطاع.

ومع ذلك، شهد الإنتاج انخفاضا واضح في سنتي 2020 و2021 نتيجة لجائحة كورونا، التي أدت الى تراجع الطلب على الوقود الحيوي بسبب القيود المفروضة على النقل والانخفاض العام في النشاط الاقتصادي إضافة الى ذلك، اثرت التغيرات المناخية والظروف الجوية غير المواتية على انتاج المحاصيل المستخدمة في الوقود الحيوي.

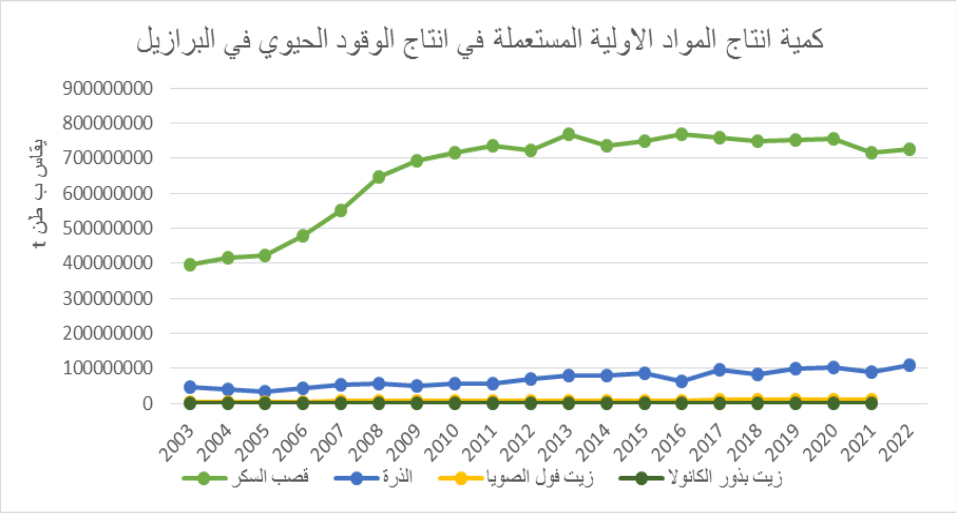
في عام 2022، بدا الإنتاج بالارتفاع والنمو المعتدل مرة أخرى مع تعافي الاقتصاد العالمي من تأثيرات الجائحة، واستئناف النشاط الاقتصادي وعودة الطلب على الوقود الحيوي، كما لعبت السياسات الحكومية المستمرة الداعمة والاستثمارات الجديدة في التكنولوجيا والبنية التحتية دورا مهما في هذا التعافي والنمو المستدام.

الجدول 07: احصائيات لكميات انتاج المواد الأولية المستعملة لإنتاج الوقود الحيوي في البرازيل

السنوات	قصب السكر	الذرة	زيت فول الصويا	زيت بذور الكانولا
2003	396012158	48327323	5347000	20766,9
2004	415205835	41787558	5545000	22377,95
2005	422956646	35113312	5736000	20377,35
2006	477410656	42661677	5428000	23735,25
2007	549707314	52112217	6046000	20825,35
2008	645300182	58393347	6266000	21745,15
2009	691606147	50719822	5896000	18939,9
2010	717463793	55364271	6928000	33317,98
2011	734006059	55660235	7341000	26618,42
2012	721077287	71072810	7010000	31339,23
2013	768090444	80273172	7077000	19715,08
2014	736108487	79881614	7443000	24235,47
2015	750290277	85283074	8075000	29414,67
2016	768594154	64188314	7885000	24003,58
2017	758646205	97910658	10125388	16388,05
2018	747556774	83366531	9387039	17500
2019	753470465	101126409	11263345	14800
2020	756070576	103990935	10597620	16000
2021	715679276	88272116	11099013	26100
2022	724428135	109420717		

(FAO م.، 2024)

الشكل 05: منحنى لكمية انتاج المواد الأولية المستعملة في انتاج الوقود الحيوي في البرازيل



07, مخرجات برنامج EXCEL بالاعتماد على الجدول

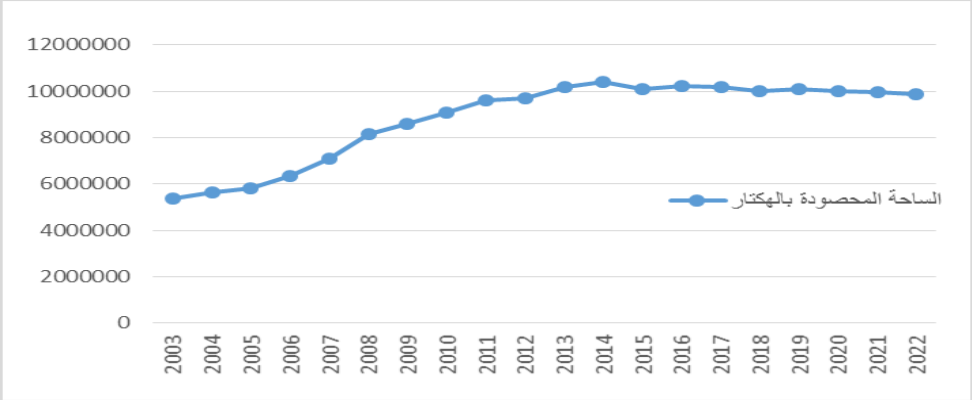
من خلال الجدول 07 و الشكل 05 يمكن القول ان المواد الأولية المستخدمة لانتاج الوقود الحيوي في البرازيل منها ماذكر هي قصب السكر و الذرة وزيت فول الصويا و زيت بذور الكانولا قد شهدت نمو ملحوظا على مر السنوات، مما ساهم في تعزيز قطاع الوقود الحيوي بشكل عام، يعود هذا النمو المتوازي الى عدة عوامل منها السياسات الحكومية الداعمة التي لعبت دورا رئيسيا من خلال تقديم الحوافز المالية والتشجيع على زراعة هذه المحاصيل غير ان الطلب المتزايد عليها حفز المزارعين على زيادة الإنتاج ، كما ان التطور التكنولوجي ساهم في تحسين إنتاجية المحاصيل وكفاءة استخدامها وأيضا التقنيات الحديثة في الزراعة والحصاد والمعالجة زادة من كفاءة انتاج قصب السكر والذرة والزيوت النباتية مما أدى الى زيادة الغلة وتقليل التكاليف، وأيضا التغيرات المناخية والتحولات في أنماط الطقس جعلت من الضروري تنويع المحاصيل لتعزيز الاستدامة الزراعية ، كما ان التعاون بين القطاع العام والخاص وكذلك التحالفات الدولية ساعدة على تحسين النمو مع التعاون لتحقيق الاستدامة الاقتصادية والبيئية.

الجدول 08: جدول يوضح احصائيات للمساحات المحصودة من قصب السكر في البرازيل

السنوات	المساحة المحصودة بالهكتار
2003	5371020
2004	5631741
2005	5805518
2006	6355498
2007	7080920
2008	8140089
2009	8617555
2010	9076706
2011	9601316
2012	9705388
2013	10195166
2014	10419678
2015	10111376
2016	10223894
2017	10189208
2018	10024104
2019	10092430
2020	9996134
2021	9971370
2022	9870590

(FAO, مخرجات برنامج EXCEL بالاعتماد على، 2024)

الشكل06: منحنى يوضح الساحة المحصودة من قصب السكر في البرازيل



مخرجات برنامج EXCEL بالاعتماد على الجدول رقم08

حسب الجدول 08 والشكل 06 فانه ومنذ عام 2003 حتى 2014، شهدت البرازيل توسعا كبيرا في مساحة الأراضي المحصودة من قصب السكر، مدفوعا بزيادة الطلب على الايثانول وارتفاع أسعار السكر حيث بلغت الذرة في 2014 بمساحة 10,419,678 هكتار. بعد ذلك، بدأت المساحة بالتراجع تدريجيا بسبب تقلبات الأسعار العالمية، التحديات المناخية، التغييرات في السياسات الحكومية، والتقدم التكنولوجي الذي زاد من كفاءة الزراعة. في السنوات الأخيرة، واصلت المساحة تراجعها الطفيف، حيث وصلت في 2022 الى 9,870,590 هكتار، متأثرة أيضا بجائحة كورونا وتأثيراتها على الاقتصاد وسلاسل الامداد.

حسب الشكل(05) والشكل(06) نلاحظ ان البرازيل رائدة في مجال انتاج قصب السكر، كما لديها نسبة معتبرة من الذرة المحلية الا انها تقوم باستيرادها أيضا وهي أيضا من المواد التي تستعملها لإنتاج الوقود الحيوي، لكن تعد صناعة قصب السكر البرازيلية منتجا عالميا هائلا لسلعتين متساويتين في الأهمية، السكر والايثانول الحيوي، حيث ارتفع انتاج قصب السكر من 35.1 مليون طن من المحصول عام 2021 الى 36.3 مليون طن في عام 2022، بزيادة قدرها 3.4%.

لقد أصبح الايثانول الحيوي ذا أهمية متزايدة في المناقشات الدائرة حول الابتعاد عن الوقود الاحفوري، حيث يؤدي احتراقه الى انخفاض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، وبين موسمي 2021 و2022، انخفض انتاج البرازيل من الايثانول من 29.9 مليون متر مكعب الى 28.1 مليون متر مكعب بانخفاض قدره 6.1%.

علاوة على ذلك، انخفضت الطاقة المتجددة المحلية الموردة من قصب السكر من 16% في عام 2021 الى 15% في عام 2022، وهو أدنى مستوى شهدته البرازيل منذ عام 2012. وتشير هذه الاتجاهات الأخيرة الى ان ميزان قصب السكر البرازيلي قد يتجه أكثر نحو انتاج السكر بدلا من الايثانول الحيوي، وذلك بسبب ارتفاع الأسعار الدولية للسكر مقارنة بوقود الايثانول.

البرازيل هي أكبر منتج للسكر، وثاني أكبر منتج للإيثانول، وخلال دورة المحاصيل لعام 2022 شكلت البرازيل 21% من انتاج السكر العالمي و26% من انتاج الايثانول العالمي، من المتوقع ان تحافظ البرازيل على مكانتها العالمية، حيث تشير التوقعات الى انها ستحافظ على 37% من انتاج قصب السكر في العالم في عام 2031. وهي تهيمن على سوق تصدير السكر، حيث

يتم تصدير حوالي 28 مليون طن متري من السكر في موسم 2022، وهذا يزيد بمقدار 17 مليون طن متري عن ثاني أكبر مصدر، تايلند. ومع استمرار صناعة قصب السكر في لعب دور حيوي في الاقتصاد البرازيلي وتجارة الأغذية العالمية، فإنها تمثل فرصة للبرازيل لقيادة التحول العالمي للقطاع نحو نتائج أفضل على البيئة وصحة الانسان، يعد السكر والايثانول سابع أكبر مصدر لعائدات التصدير في الميزان التجاري الإجمالي للبرازيل، ويحتلان المركز الرابع في قطاع الاعمال الزراعية بقيمة 11 مليار دولار امريكي. وتوظف صناعة السكر والايثانول والطاقة الحيوية 8% من اجمالي القوى العاملة المسجلة في الصناعات الزراعية في البرازيل.

يمكن للسياسات العامة الزراعية ان تدعم صناعة قصب السكر الاكثر استدامة في البرازيل من خلال تحفيز التحول من السكر الى الايثانول، ان التركيز على انتاج الايثانول الحيوي قد يؤدي الى ابطاء نمو انتاج السكر مع الحفاظ على العمالة المجاورة للسكر و من الممكن ان يقوم برنامج RenovAgro (برنامج بلانوسافرا المخصص للزراعة الذكية مناخيا) بتمويل المنتجين الذين ينتجون حاليا او يعتزمون التحول الى الايثانول الحيوي، و بالتالي تعزيز خلق فرص عمل و سبل عيش بديلة، و قد تكون السياسات التي تفرض حصصا في الوقود و الأسمدة الكيماوية مفيدة أيضا لزيادة الطلب على الايثانول الحيوي في الأسواق المحلية، و تدرس الحكومة الحالية زيادة مزيج الايثانول اللامائي مع البنزين الى 30-70% الامر الذي من شأنه ان يحفز زيادة استهلاك الوقود الحيوي.

تستخدم مصانع السكر في البرازيل تفل قصب السكر لإنتاج 100% من الطاقة، مع بيع الطاقة الزائدة مرة أخرى الى الشبكة، ومع ذلك 15% فقط من الإمكانات ومع ذلك، يتم استخدام انتاج الكهرباء المحتمل من قصب السكر (الكهرباء الحيوية). تتمتع الطاقة الكهربائية الحيوية بالقدرة على تشغيل ما يصل الى 30% من البلاد، ويمكن ان توفر مزادات السعة الجديدة لهذه الصناعة فرصا إضافية، وبالإضافة الى ذلك فان تقديم مزادات السعة الجديدة لهذه الصناعة فرصا إضافية. وبالإضافة الى ذلك فان تقديم المزيد من الحوافز للصناعة لإنتاج الجيل الثاني من الايثانول من مصادر مستدامة، يمكن للسياسات العامة ان تخفض حواجز السوق امام المطاحن التي تزود الطاقة الخضراء محليا ودوليا، ان انتاج المزيد من الايثانول الحيوي والكهرباء الحيوية من نفس الكمية من قصب السكر يمكن ان يكون وسيلة لإزالة الكربون من الصناعات الأخرى في البلاد وتحفيز التنمية في المناطق الريفية، من خلال أسواق الائتمان وغيرها من الأدوات.

يرتبط تناول كميات أكبر من السكريات الحرة، او السكريات التي تضاف اثناء تحضير وتصنيع الأطعمة والمشروبات، بارتفاع معدلات الإصابة بالأمراض غير المعدية، مثل السمنة وامراض القلب ومشاكل الاسنان. البرازيل، أكبر 10 مستهلكين للسكر ما يزيد عن القيمة اليومية الموصي بها للفرد بحوالي 15 جراما. من خلال الاستثمار في انتاج الزراعة العضوية وتقليل امدادات قصب السكر من خلال التحول الى الايثانول الحيوي، قد يشجع بلانوسافرا المستهلكين على تناول كميات اقل من السكر مع انشاء أسواق لمنتجات أكثر صحة في نفس الوقت. قد تكون هناك حاجة الى تدابير إضافية لمعالجة سوء نوعية النظام الغذائي، مثل فرض ضرائب على السكر. (MADISON , FELIP F.DIZON, LEONARDO, & FELIPE, 2023)

اما بالنسبة للذرة فان تحويل الذرة الى ايثانول يشكل طريق اللاعودة في البرازيل، وخاصة في ماتو غروسو، ويقدر معهد ماتو انتاج 40.5 مليون طن من الذرة للموسم الثاني 22/21. ومن هذا (IMEA) غروسنس للاقتصاد الزراعي سيتم استهلاك 7.6 مليون طن في انتاج الايثانول في نفس الفترة (22 يوليو الى 23 يونيو).

بالنسبة للمنطقة الوسطى الغربية، تتوقع كوناب انتاج 64.3 مليون طن من الذرة في موسم الحصاد 22/21، و 3.3 مليار لتر من ايثانول الذرة، جلبت زراعة محصول الذرة الثاني في المنطقة فوائد كبيرة لتوسيع الاعمال الزراعية البرازيلية و التنمية الاقتصادية المحلية، تعزيز سوق داخلية قوية مع توفير الامن المالي للمنتج، و تكثيف تربية الابقار باستخدام المدخلات المولدة للإنتاج الحيواني، زيادة زراعة الحبوب دون الحاجة الى فتح مناطق زراعية جديدة، مما يضمن انتاج الايثانول و تسويق الحبوب كغذاء، تعزيز سوق الكتلة الحيوية من خلال التوسع في المزارع الغربية لتوليد الطاقة اللازمة لتسخين غلايات محطات توليد الطاقة، بالإضافة الى المزايا الاجتماعية مع توليد فرص عمل جديدة و توفير العملات الأجنبية للبلديات و الولايات. (Fabrício , 2022)

يستمر انتاج ايثانول الذرة في مرحلة توسع قوية تمثل حصة متزايدة باستمرار من اجمالي انتاج الايثانول، ويقدر اجمالي انتاج ايثانول الذرة البرازيلي في عام 2023 بنحو 6 مليارات لتر، بزيادة قدرها 33% مقارنة برقم الإنتاج المنقح لعام 2022 (4.5 مليار لتر)، بناء على معلومات محدثة من الاتحاد الوطني لإيثانول الذرة (UNEM) وUNICA.

يقدر اجمالي الذرة المستخدمة لإنتاج الايثانول في عام 2022 بنحو 14.38 مليون طن بزيادة قدرها 3.59 مليون طن مقارنة بحجم الكربون المستهلك في عام 2021 (10.79 مليون طن)، وهو ما يمثل حوالي 11% من محصول الذرة في عام 2022 (129 مليون طن)، لاحظ ان كل طن من الذرة يمكن ان ينتج في المتوسط 417 لترا من الايثانول، 313 كيلوجراما من مادة DDGS، و18 لترا من زيت الذرة، فضلا عن التوليد المشترك للطاقة الكهربائية، والتي تبيعها اغلب مزارع النخيل الى الشبكة.

لا يزال التوسع في صناعة ايثانول الذرة في البرازيل مقيدا، على الأقل يتم تطوير خطوط انابيب اوميل وخطوط السكك الحديدية، يتركز انتاج ايثانول الذرة في البرازيل في الغالب في منطقة وسط غرب البرازيل وتحديدا ماتو جروسو، بالقرب من امدادات الذرة الرخيصة نسبيا وعمليات الدواجن التي تستهلك جزءا من DDGS المنتج كمنتج مشترك لتقطير الايثانول، تشير مصادر الصناعة الى ما لا يقل عن تسعة مشاريع لمصانع ايثانول الذرة في مرحلة التخطيط والتطوير والبناء و/او التوسع. من المتوقع افتتاح اول مصنع لإيثانول القمح في البرازيل في ريو راندي دو سول في عام 2024، وتتوقع الشركة ان تصل قدرة المعالجة الى 750 طنا من الايثانول يوميا، مما يولد انتاجا سنويا يبلغ 111 مليون لتر من الايثانول. رفعت Post توقعاتها لإجماليي استهلاك القمح للعام 2024/2023 (أكتوبر2023 – سبتمبر2024) عند 12.7 مليون طن متري، بزيادة 1.2% عن التقدير الأصلي.

ويبلغ اجمالي عدد مصانع الايثانول عام 2023، 359 وحدة بزيادة وحدتين مقارنة بعام 2022 (357 وحدة)، يتضمن هذا الرقم 333 نباتا قائما على قصب السكر، و18 نباتا قائما على الذرة و6 نباتات قصب السكر/الذرة، ونباتين سليلوزيين. (Joseph & Gary , 2023)

الشكل 07: خريطة توزيع مصانع الايثانول في البرازيل

(Joseph & Gary , 2023)

ووفقا للمعلومات المحدثة التي أوردتها الوكالة الوطنية للموانئ، فان حوالي 65.8% من انتاج وقود الديزل الحيوي في عام 2022 مصنوع من زيت فول الصويا و16.2% مصنوع من مواد دهنية، اما المادة الأولية المتبقية فهي الدهون الحيوانية (الشحم 7.9%)، وزيت النخيل (2.1%). بالإضافة الى ذلك، يتم توليد 8% من الإنتاج من مواد دهنية أخرى مثل المواد الخام المختلفة المخلوطة في الخزانات والمنتجات المشتركة لإنتاج وقود الديزل الحيوي، وفي فترة من يناير الى يونيو 2023، يتم انتاج 68.3% من انتاج وقود الديزل الحيوي من زيت فول الصويا، ويشكل الشحم 6.8% من انتاج وقود الديزل الحيوي وزيت النخيل 2.3% اما ال 15% المتبقية فهي مواد دهنية و7.5% مواد خام مختلفة.

ويقدر Post اجمالي انتاج وقود الديزل الحيوي البرازيلي في عام 2023 بنحو 7.1 مليار لتر، بزيادة 5% مقارنة بإجمالي الإنتاج في عام 2022 (6.77 مليار لتر)، في 17 مارس 2023 رفعت البرازيل المعدل الحالي من 10% الى 12% اعتبارا من 1 افريل، ليصل الى أواخر عام 2023 ويبلغ الإنتاج التراكمي للديزل الحيوي خلال الفترة من يناير الى يونيو 2023 3.3 مليار لتر، بزيادة قدرها 13% مقارنة بنفس الفترة من عام 2022 (2.9 مليار لتر).

ووفقا لوكالة الانباء البرازيلية، يوجد في البرازيل حاليا 59 مصنعا مرخصا لإنتاج وقود الديزل الحيوي، ما يقرب من 60% من النباتات تقع في المنطقة الوسطى الغربية، مع وفرة من فول الصويا وبحسب الوكالة الوطنية للموانئ، تقدر الطاقة الصناعية المرخصة لسنة 2023 ب 38.6 مليون لتر من البيوديزل يوميا او 14.1 مليار لتر سنويا، على أساس دورة تشغيلية مدتها 360 يوما، أي بزيادة قدرها 3.2% مقارنة بعام 2022 (14 مليار لتر).

الشكل 08: خريطة توزيع محطات وقود الديزل الحيوي في البرازيل

(Joseph & Gary , 2023)

المطلب الثاني: تأثير سعر الوقود الحيوي على سعر الغذاء

أسعار الايثانول في البرازيل متقلبة للغاية، وتتغير كل شهر وفي بعض الحالات خلال أسابيع يعد تقلب الأسعار مسالة مهمة لأنه يولد تساؤلات حول مصفوفة الطاقة و يقود عمل الشركات والمستهلكين مما يؤدي الى انخفاض مستوى الاستثمارات مما قد يؤثر على إنتاجية ونمو الاقتصاد الكلي بشكل كامل، في شهر مايو 2011 كانت هناك العديد من التقارير حول الاخبار المتعلقة بأسعار الايثانول في البرازيل بسبب انخفاض الأسعار بعد ارتفاعها بأكثر من 14%، واعقب هذا الانخفاض أسعار البنزين ولكن قبل بضع أسابيع كانت هناك اعمال شغب بسبب ارتفاع أسعار النفط. وتكهنت تقارير أخرى بانه في ظل غياب تحفيز صناعة السكر والاعتماد على محصول السكر، فمن المتوقع ان تستمر حالات عدم الاستقرار الكبيرة في الأسعار في السنوات القادمة.

ومن المتوقع ان تحاكي أسعار الايثانول أسعار قصب السكر لأنه يدخل في عملية انتاج الايثانول المائي واللامائي، وعندما ترتفع أسعار السكر وحذت أسعار الايثانول حذوها، يؤدي ارتفاع الطلب على الايثانول الى ارتفاع الطلب على قصب السكر وبالتالي ارتفاع أسعار قصب السكر، مما سيؤدي أيضا الى رفع أسعار منتجات السكر والايثانول. لا يؤدي ارتفاع أسعار الايثانول الى تأكل الدخل المتاح للمستهلكين الذين يستخدمون السيارات فحسب، بل يؤثر أيضا على تكاليف نقل البضائع مما يؤدي الى زيادة أسعارها.

تمتعت البرازيل بأسعار الغذاء المنخفضة للغاية مع بداية التسعينات، ولكن ارتفع مؤشر الأسعار الغذائية بنسبة لا تصدق بلغت 2280 نسبة مئوية مما أدى الى ارتفاع أسعار المواد الغذائية، ارتفع مؤشر الأسعار من 2.23% الى 53.96% وفي عامي 2005 و2006 ظلت أسعار الغذاء السنوية على حالها، حيث بلغ مؤشر الغذاء مستوى هائلا بلغ 151، ولم يظل هذا على حاله لفترة طويلة حيث بدأت الأسعار في الارتفاع مرة أخرى في عام 2007 ووصلت الى مستوى مذهل. (FREE P, 2015)

تعتمد أسعار قصب السكر التي يتلقاها موردو الطرف الثالث للدول المنتجة الرئيسية على صيغة تأخذ من الاعتبار أسعار السكر والايثانول في كل من الأسواق المحلية والدولية، كان مجلس مزارعي قصب السكر والسكر والايثانول في ولاية ساو باولو (CONSECANA) اول من وضع هذه الصيغة لولاية سابا ولو، الولاية المنتجة الرئيسية والتي تمثل حوالي 60% من انتاج الوسط والجنوب.

أفادت CONSECANA ان متوسط سعر قصب السكر لشهر يونيو 2023 كان 1.22 ريال برازيلي للكيلوغرام من TRS أي بزيادة قدرها 1.7% عن مارس 2023، عندما وصل قصب السكر الى 1.20 لكل كيلوغرام من TRS.

تتضمن الجداول ادناه أحدث المعلومات المتاحة للجمهور لمؤشرات الايثانول الصادرة عن كلية الزراعة بجامعة ساو باولو "لويز دي كيروز" (ESALQ)، تتبع المؤشرات الايثانول اللامائي والمائي لأسعار الوقود التي يتلقاها المنتجون في السوق الفورية المحلية.

الجدول 09: اسعار وقود الايثانول المائي – ولاية ساو باولو (ريال برازيلي/ألف لتر)

فترة	2018	2019	2020	2021	2022	2023
جانفي	836.20،1	605.60،1	067.70،2	090.90،2	316.80،3	662.07،2
فيفري	852.20،1	677.10،1	118.20،2	280.80،2	860.10،2	691.40،2
مارس	868.20،1	776.40،1	875.10،1	676.80،2	222.90،3	711.00،2
افريل	538.70،1	814.80،1	360.60،1	543.90،2	631.00،3	937.70،2
ماي	568.00،1	644.90،1	432.10،1	928.50،2	329.40،3	598.45،2
جوان	633.70،1	617.70،1	637.10،1	922.40،2	061.50،3	539.08،2
جويلية	457.90،1	673.60،1	639.60،1	927.00،2	934.30،2	157.92،2
اوت	461.60،1	729.10،1	726.10،1	127.10،3	668.00،2	
سبتمبر	678.00،1	714.60،1	797.20،1	261.20،3	365.00،2	
أكتوبر	792.80،1	803.00،1	985.20،1	552.10،3	680.30،2	
نوفمبر	648.70،1	908.90،1	062.80،2	698.60،3	832.90،2	
ديسمبر	664.80،1	998.50،1	044.30،2	349.50،3	774.40،2	

(Joseph & Gary , 2023)

الجدول 10: أسعار وقود الايثانول اللامائي – ولاية ساو باولو (ريال برازيلي/الف لتر)

فترة	2018	2019	2020	2021	2022	2023
جانفي	015.70،2	798.80،1	241.90،2	305.20،2	820.80،3	059.82،3
فيفري	90،050،2	811.80،1	294.80،2	496.90،2	346.50،3	098.05،3
مارس	076.10،2	010.10،2	134.40،2	980.60،2	509.20،3	104.58،3
افريل	807.40،1	984.70،1	556.10،1	774.20،2	148.10،4	326.32،3
ماي	697.40،1	878.60،1	522.40،1	219.50،3	859.30،3	039.70،3

جوان	817.90،1	798.20،1	781.80،1	335.30،3	572.90،3	979.24،2
جويلية	632.30،1	822.70،1	798.90،1	328.60،3	481.00،3	703.62،2
اوت	557.20،1	1906.40	882.50،1	531.20،3	210.80،3	
سبتمبر	817.70،1	865.40،1	985.40،1	729.80،3	851.00،2	
أكتوبر	957.90،1	943.70،1	160.50،2	881.90،3	033.60،3	
نوفمبر	856.60،1	052.50،2	282.60،2	332.20،4	250.60،3	
ديسمبر	829.60،1	165.70،2	258.10،2	878.50،3	183.30،3	

(Joseph & Gary , 2023)

بدا نموذج السوق الجديدة لبيع وقود الديزل الحيوي الذي حدده قرار CNPE رقم 14/2022 وينظمه ANP من خلال القرار رقم 857/2021 في يناير 2022، ويحل النموذج الجديد الذي طورته ANP (نظام SRD–وقود الديزل الحيوي) محل نظام المزاد العام القديم الذي انتهت في ديسمبر 2021.

لقد وفر نموذج السوق الجديدة مرونة أكبر في السوق لأنه يسمح لمنتجي وموزعي وقود الديزل الحيوي بتسوية العقود خارج بورصة (OTC)، تظل الحدود الدنيا لأسعار العقود منظمة، قامت الوكالة الوطنية للموانئ بتتبع الأسعار الأسبوعية لوقود الديزل الحيوي في إطار نموذج السوق الجديد، تراوحت الأسعار الأسبوعية من 6،5028 ريال برازيلي للتر الى 5،7370 ريال برازيلي للتر بين يناير وديسمبر 2022، ومن يناير الى يوليو 2023 تراوح متوسط الأسعار الأسبوعية للديزل الحيوي من 5،7111 ريال برازيلي للتر الى 4،1894 ريال برازيلي للتر.

وتمثل المواد الخام ما يقرب من 80% من تكلفة انتاج وقود الديزل الحيوي، في حين تمثل المدخلات الأخرى مثل الميثانول والمواد المضافة 10% من التكلفة الاجمالية، وفقا لجهات الاتصال اللاحقة، فان المواد الأولية مثل الدهون الحيوانية (الشحم) والزيوت النباتية الأخرى تتبع أسعار زيت فول الصويا، تؤثر التغيرات في أسعار زيت فول الصويا العالمية، وسعر الصرف الحقيقي في البرازيل، وتكاليف تشغيل الطاقة النباتية بشكل مباشر على تكاليف انتاج وقود الديزل الحيوي.

ظلت أسعار فول الصويا مرتفعة حتى مارس 2023 بسبب الطلب الدولي المطرد على المنتج، والاختلالات بين العرض وز الطلب العالميين، واستمرار ضعف الريال البرازيلي مقابل الدولار الأمريكي، ومع ذلك انخفضت أسعار زيت فول الصويا بشكل حاد منذ ذلك الحين الى أدنى مستوياتها في السنوات القليلة الماضية. (Joseph & Gary , 2023)

المطلب الثالث: تأثيرات الوقود الحيوي على جودة الأغذية:

تعد البرازيل واحدة من أسواق الوقود الحيوي الرائدة في العالم، حيث أنتجت ما يقرب من 40 مليار لتر من الوقود الحيوي في عام 2018. توسعت صناعة الديزل الحيوي في البرازيل في السنوات الأخيرة نتيجة للزيادات في مستويات المزيج الإلزامية لوقود الديزل.

إذ يمكن أن يكون للنمو المستمر لصناعة الوقود الحيوي في البرازيل على مدى العقد المقبل آثار عميقة على المناخ. تحظى سياسة الوقود الحيوي في البرازيل بأهمية خاصة بسبب الأراضي الحرجية الكبيرة في البلاد والتنوع البيولوجي المرتفع. على الرغم من

أن البرازيل قد نفذت بعض السياسات لتثبيط إزالة الغابات، فضلاً عن بعض ضمانات الاستدامة في إطار الوقود الحيوي، إلا أن هذه التدابير قد لا تفعل الكثير لتثبيط الضغوط غير المباشرة للطلب على الوقود الحيوي على إزالة الغابات والمراعي، مما قد يؤدي في تحويل الأراضي ذات المخزون العالي من الكربون. قد تشكل التغييرات السياسية الأخيرة التي تؤثر على سياسة الغابات والزراعة في البرازيل، جنبًا إلى جنب مع التوسع المستمر في صناعة الوقود الحيوي في البرازيل، مزيدًا من المخاطر على التنوع البيولوجي. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن تؤدي الزيادات الإضافية في تفويض مزج الديزل الحيوي في البرازيل إلى خلق مشكلات توافق لأسطول المركبات في البلاد، مما يؤدي إلى تدهور المعدات وانبعاث كميات أكبر من ملوثات الهواء المحلية (Araujo, 2019).

في السنوات العديدة الماضية، خلال المناقشات الساخنة حول منظمة التجارة العالمية ومعايير الأغذية العامة، سارع القطاع الخاص إلى بناء مجموعة من معايير الأغذية الخاصة لضمان الجودة والسلامة في سوق تنافسية شرسة. كانت هذه المعايير الخاصة في بعض الأحيان لملء المعايير العامة المفقودة، وخاصة للسلامة، والتمييز بين المنتجات وبناء السمعة، لكل من الجودة والسلامة. علاوة على ذلك، ترتبط المعايير الخاصة بشكل متزايد بأنظمة الإدارة الفوقية التي تضمن الجودة والسلامة على جميع مستويات السلسلة، وتفرض وتعتمد تنفيذ معايير العملية.

كانت خصخصة المعايير مهمة لكل من المشترين والموردين في السلسلة. يميل المشترون (تجار التجزئة والمعالجون) إلى صياغتها وفرضها،

مفتاح التحكم في التكاليف والسمعة لدى المستهلكين، وبالتالي القدرة التنافسية الشاملة. وهي مفروضة على الموردين، الذين غالباً ما يجدون، كما أظهرنا مع أمثلة من القطاعات الفرعية لمنتجات الألبان وجوز الهند في البرازيل، أن المعايير تنطوي على نفقات كبيرة جداً للإبلا غ والمعدات الجديدة والتدريب. يميل المحظوظون –وهم مجموعة فرعية صغيرة نسبيًا من المجموعة الأصلية من الموردين –إلى العثور على أن تلبية المعايير، مع وجود شهادة رسمية في متناول اليد، تفيد أعمالهم، وتفتح فرصًا جديدة. يميل المستبعدون إلى هبوط أنفسهم إلى الأسواق المتضائلة وغير المربحة(Luana, 2009)

يستحق موقف منظمة الأغذية والزراعة اهتمامًا خاصًا، والذي يهتم بشكل أساسي بآثار إنتاج الوقود الزراعي على ارتفاع أسعار المواد الغذائية وآثار الاستخدام غير المباشر للأراضي، والتي، كما هو موضح أعلاه، تشكل الفرضيات حول أسباب تهديد الأمن الغذائي. ولإظهار أن العديد من البلدان كانت ضحية لهذا التهديد، تقترح منظمة الأغذية والزراعة (2006) تحليلاً يستند إلى أربع فئات:

توافر الغذاء الذي يعتمد على الإنتاج المحلي والقدرة على الاستيراد ووجود المخزونات وبرامج المساعدات الغذائية.

الحصول على الغذاء، الذي يعتمد على مستوى الفقر والقوة الشرائية للعائلات والأسعار والنقل والبنية التحتية ونظام التوزيع.

استقرار العرض، الذي يمكن أن يتأثر بالطقس وتقلبات الأسعار والكوارث التي من صنع الإنسان وغيرها من العوامل السياسية والاقتصادية؛ وأخيرًا الاستخدام الآمن والصحي للأغذية، والذي يعتمد على جودة هذه المنتجات، والوصول إلى المياه النظيفة، من بين أمور أخرى.

أيضًا وفقًا لتحليل منظمة الأغذية والزراعة (2006)، تأثير ارتفاع أسعار المواد الغذائية في بلد معين تعتمد على درجة اعتمادها على الواردات الزراعية وكذلك على اعتمادها على النفط.

وفقًا لبيانات منظمة الأغذية والزراعة. الأمم المتحدة (2008)، ارتفع الإنفاق العالمي على الواردات الغذائية في عام 2007 بنسبة 29 ٪ مقارنة بعام 2006. ويرجع معظم هذا النمو إلى ارتفاع أسعار السلع الزراعية مثل الحبوب والزيوت النباتية، مما أدى بدوره إلى ارتفاع أسعار اللحوم ومنتجات الألبان. سبب آخر لتحديد هذه الزيادة الكبيرة في الإنفاق العالمي على الواردات الغذائية هو زيادة تكلفة الشحن، بسبب الزيادة في سعر النفط.

كانت العناصر التي تم النظر فيها في تحليل منظمة الأغذية والزراعة هي النسب المئوية لما يلي: استيراد النفط الذي تستهلكه البلدان؛ استيراد الحبوب فيما يتعلق بالاستهلاك الكلي؛ السكان الذين يعانون من نقص التغذية. واعتبرت البلدان ذات المستوى المرتفع من العوامل الثلاثة عرضة لخطر ارتفاع الأسعار على الأمن الغذائي.

على مستوى الأسرة، يتمثل أحد العناصر الحاسمة في الحصول على الغذاء، والذي يعتمد على الأسعار والدخل. سيؤدي التحليل التبسيطي إلى الاعتقاد بأنه كلما ارتفع الدخل، زاد الوصول إلى الغذاء و/أو جودة الخيارات بشكل أفضل. تمثل التأثيرات الدقيقة لأسعار المواد الغذائية على الأمن الغذائي تعقيدًا تحليليًا معينًا. يجب أن يدفع ارتفاع الأسعار المشترين الصافين (Luana, 2009)

المبحث الثالث: أثر السياسات الغذائية والامن الغذائي على التنمية المستدامة وآفاق الوقود الحيوي في البرازيل

المطلب الأول: تأثير السياسة الغذائية والتوعية على السلوك الإنفاقي

تستخدم الحكومة البرازيلية سياسة السعر الأدنى المضمون لتحفيز الزراعة. على سبيل المثال، في موسم الحصاد 2008/2007، احتاج المزارعون الذين يواجهون العديد من الزيادات في التكاليف إلى سياسات دعم لزيادة الإنتاج أو للحد من خسارتهم للأرباح. في الربع الأول من عام 2008، كانت الحكومة قلقة من أن زيادة التكاليف والطلب العالمي المتزايد من شأنه أن يضغط على أسعار المواد الغذائية، والتي كان بعضها مهمًا جدًا لنظام البرازيليين الغذائي والأعمال الزراعية في البلاد، مثل الأرز والفاصوليا والذرة. على سبيل المثال، تم رفع الحد الأدنى المضمون لسعر كيس 50 كجم من الأرز من 22.00 ريال برازيلي إلى 25.85 في ولايتي سانتا كاتارينا وريو غراندي دو سول –بزيادة قدرها 17.27 %. تم رفع سعر كيس حبوب 60 كجم من 48.42 ريال برازيلي إلى 80.00 ريال برازيلي، بزيادة قدرها 65.22 %. تم رفع سعر كيس الذرة في مقاطعات الجنوب والجنوب الشرقي وماتو غروسو وغوياس والمقاطعة الفيدرالية من 14.00 ريال برازيلي إلى 16.50 ريال برازيلي، بزيادة 17.86 %.

سياسة السعر المضمون هي السياسة الزراعية البرازيلية الرئيسية لتحقيق الأمن الغذائي وتستهدف صغار المزارعين ومتوسطي الحجم. الفكرة الأساسية لهذه السياسة هي التأكد من أن أسعار الشراء تغطي على الأقل تكاليف الإنتاج، بالإضافة إلى مستوى معين من الأرباح. تشتري الحكومة فائض المحاصيل، وتدفع أسعارًا أعلى من تلك الموجودة في السوق. تقلل هذه الآلية من المخاطر التي يتعرض لها منتجو المحاصيل أثناء الحصاد وهي آلية مهمة للحد من تقلبات الأسعار المتأصلة في القطاع الزراعي. عندما تنخفض

الأسعار إلى ما دون الحد الأدنى الذي تحدده الحكومة، يتم اتخاذ تدابير مثل شراء فوائض المحاصيل من صغار المزارعين، ومعادلة الأسعار وتمويل تراكم مخزونات المحاصيل المختارة. تحدد الحكومة الحد الأدنى المضمون لسعر المحاصيل التي تعتبر محاصيل إقليمية وصيفية. تهدف هذه السياسة إلى تحقيق النمو الاقتصادي وزيادة دخل المزارعين وزيادة القدرة التنافسية لصادرات المحاصيل، عند الاقتضاء.

يهدف الحد الأدنى للسعر المضمون إلى تقليل أو نقل عدم اليقين بشأن الأسعار التي يواجهها صغار المزارعين إلى المجتمع الأوسع. عندما يتم تثبيتها بشكل صحيح، فإن الحد الأدنى للأسعار يتوقع بشكل صحيح أسعار السوق للمنتجين، مما يقلل من مستوى عدم اليقين لكل من المنتجين والمستهلكين ويسمح بتخصيص أفضل للموارد الإنتاجية (دي أغيار وبينهو، 1998). تؤثر سياسات الحد الأدنى المضمون للأسعار بشكل مباشر على قرارات المنتجين بشأن تحديد ناتج مستهدف للموسم المقبل، مما يؤثر على استخدام وكثافة عوامل الإنتاج. يأخذ المزارعون الحد الأدنى للسعر في الاعتبار لتحديد المحاصيل التي يجب عليهم زراعتها. ولكن يمكنهم أيضًا اختيار بديل التداول في أسواق الأسهم والعقود الآجلة لحماية أنفسهم من الانخفاضات المستقبلية في الأسعار. تضمن السياسة نظريًا الحد الأدنى من العائد على الحصاد، لكن هذا الحد الأدنى للسعر لا يكفي دائمًا لتغطية تكاليف الإنتاج.

خلال أزمة الغذاء، تم تعديل الحد الأدنى لأسعار الحكومة حيث زادت تكاليف إنتاج المحاصيل المهمة وألغت بشكل فعال أو خفضت الأرباح للمنتجين و/أو أثرت على الأسعار النهائية للمستهلكين. في هذا السياق، قدمت الحكومة خطة الحصاد للفترة 2009/2008، والتي تضمنت تغييرات في الحد الأدنى لأسعار المنتجات المختلفة من أجل تكييف سياسة الإنتاج البرازيلية مع أسعار السلع السائدة في الأسواق الدولية.

نظرًا لنقص التغذية لدى أفقر شرائح السكان وعدم المساواة الاجتماعية في البلاد، نفذت الحكومات البرازيلية المتعاقبة مجموعة من برامج المساعدة الغذائية ومكافحة الفقر والرعاية الاجتماعية وغيرها من السياسات الاجتماعية على مدار الخمسين عامًا الماضية. وقد ركزت هذه البرامج بشأن الاستثمار في الموارد البشرية والمساعدة الاجتماعية (المعاشات التقاعدية والرعاية الصحية والتعليم والإسكان والصرف الصحي الأساسي)، وبرامج مكافحة الفقر (الرعاية الاجتماعية، وبرامج دعم الزراعة الفلاحية، والإصلاح الزراعي، والتنمية الريفية، والتحويلات المباشرة للدخل). خلال التسعينيات (ما يسمى بـ "عقد الإصلاح ") تم تنفيذ برامج مختلفة. من عام 1996 إلى عام 1999، أدت السياسات الحكومية إلى صياغة مشروع ألفورادا للحد من الفقر في المدن الأقل نمواً، وتطوير برنامج التضامن المجتمعي ودمج مشروع Escola- Bolsa (مشروع صندوق مدرسي) كبرامج اتحادية.

في يناير 2003، أطلق الرئيس المنتخب حديثًا لولا وفريقه من المستشارين الاقتصاديين برنامج القضاء على الجوع في البرازيل (برنامج القضاء على الجوع)، والذي يشكل جوهر جدول الأعمال الاجتماعي لإدارته. يشتمل البرنامج على 60 مبادرة مختلفة تهدف إلى توفير الوصول إلى الغذاء

11.4 مليون أسرة (أو ما يقرب من 50 مليون شخص) في غضون خمس سنوات. ويدعم البرنامج الإصلاحات الزراعية وحوافز المنتجين وسن سياسات الحد الأدنى للدخل الزراعي.

في ذروة أزمة أسعار الغذاء العالمية، كانت أول استجابة للحكومة البرازيلية هي إنشاء برنامج المزيد من الغذاء (Programa Mais Alimento) من قبل وزارة التنمية الزراعية (MDA)، وهو برنامج يهدف إلى تجهيز وتنظيم وتعزيز المزارع الصغيرة ومواجهة أزمة الغذاء العالمية والزيادة الأخيرة في أسعار السلع الزراعية في جميع أنحاء العالم. كانت هناك توقعات كبيرة لهذا البرنامج، حيث اعتقدت الحكومة أنه سيشكل أحد أعمدة محاولات البلاد لمحاولة الصمود أمام الأزمة بيدوتو ويبر، انطونيو نيفيس، و) (دو امارال و اليساندرو، 2010.

وفقًا لبيانات منظمة الأغذية والزراعة. الأمم المتحدة (2008)، ارتفع الإنفاق العالمي على الواردات الغذائية في عام 2007 بنسبة 29 ٪ مقارنة بعام 2006. ويرجع معظم هذا النمو إلى ارتفاع أسعار السلع الزراعية مثل الحبوب والزيوت النباتية، مما أدى بدوره إلى ارتفاع أسعار اللحوم ومنتجات الألبان. سبب آخر لتحديد هذه الزيادة الكبيرة في الإنفاق العالمي على الواردات الغذائية هو زيادة تكلفة الشحن، بسبب الزيادة في سعر النفط.

كانت العناصر التي تم النظر فيها في تحليل منظمة الأغذية والزراعة هي النسب المئوية لما يلي: استيراد النفط الذي تستهلكه البلدان؛ استيراد الحبوب فيما يتعلق بالاستهلاك الكلي؛ السكان الذين يعانون من نقص التغذية. واعتبرت البلدان ذات المستوى المرتفع من العوامل الثلاثة عرضة لخطر ارتفاع الأسعار على الأمن الغذائي.

على مستوى الأسرة، يتمثل أحد العناصر الحاسمة في الحصول على الغذاء، والذي يعتمد على الأسعار والدخل. سيؤدي التحليل التبسيطي إلى الاعتقاد بأنه كلما ارتفع الدخل، زاد الوصول إلى الغذاء و/أو جودة الخيارات بشكل أفضل. تمثل التأثيرات الدقيقة لأسعار المواد الغذائية على الأمن الغذائي تعقيدًا تحليليًا معينًا. يجب أن يدفع ارتفاع الأسعار المشترين الصافين (Luana, 2009)

المطلب الثاني: تأثير الامن الغذائي والتغذية على التنمية المستدامة

يشكل مؤتمر قمة النظام الغذائي فرصة فريدة لمراجعة النظم الغذائية وتحسينها وتعزيزها بهدف تحقيق أهداف التنمية المستدامة، بما في ذلك القضاء على الجوع ومعالجة انعدام الأمن الغذائي على جميع المستويات.

تعتقد البرازيل أن النظم الغذائية الفعالة والمستدامة والمرنة قادرة على توفير الغذاء الصحي بأسعار معقولة وكميات كافية، وبالتالي ضمان الأمن الغذائي والتغذوي لسكان العالم. تلعب النظم الغذائية دورًا رئيسيًا في تعزيز النمو الاقتصادي وتعزيز الإدماج الاجتماعي وحماية البيئة، مع المساهمة في خطة عام 2030. إن الطريقة التي ننتج بها الغذاء ونتاجر به ونستهلكه أمر بالغ الأهمية لتحقيق المستقبل الذي نريده.

على مدى العقود الماضية، طورت البرازيل أنظمة غذائية تستند إلى نموذج زراعي استوائي عالي الكفاءة، تتعايش فيه الزراعة التقليدية القائمة على الابتكار والإيكولوجيا الزراعية والزراعة العضوية. توسعت مستويات الإنتاج بشكل مطرد بينما انخفضت الأسعار بمرور الوقت، مما حول البلاد إلى واحدة من "سلال الخبز" في العالم. لعبت الاستثمارات في العلوم والتكنولوجيا والتدريب، إلى جانب الالتزام بتحرير السوق والتجارة الدولية، دورًا رئيسيًا.

علاوة على ذلك، ترافقت الزيادة في الإنتاج مع الاستدامة المتزايدة، مما يدل على أن النظم الغذائية يمكن أن تسهم في التحدي العالمي المتمثل في التغلب على الجوع وسوء التغذية مع المساعدة في معالجة تغير المناخ. الزراعة هي جزء من الحل لمعالجة تغير المناخ وتحقيق أهداف اتفاق باريس وأهداف الإطار العالمي للتنوع البيولوجي لما بعد عام 2020 بموجب اتفاقية التنوع

البيولوجي.

على سبيل المثال، عزز تنفيذ خطة الزراعة منخفضة الكربون (Plano ABC) استخدام التقنيات والممارسات الحديثة مما أدى إلى تقليل كثافة الكربون مع تعزيز تدابير التكيف. بين عامي 2010-2018، استفادت المبادرة من حوالي 54 مليون هكتار. بناءً على تجربتنا، من الواضح أن النظم الغذائية المستدامة يمكن أن تمهد الطريق لتحقيق أهداف التنمية المستدامة مثل "القضاء على الجوع" (الهدف 2 من أهداف التنمية المستدامة)، و "الطاقة النظيفة والميسورة التكلفة" (الهدف 7 من أهداف التنمية المستدامة)، و "العمل اللائق والنمو الاقتصادي" (الهدف 8 من أهداف التنمية المستدامة) و "العمل المناخي" (الهدف 13 من أهداف التنمية المستدامة).

يعتبر الدستور الاتحادي للبرازيل الحصول على الغذاء الصحي والمغذي والكافي حقاً من حقوق الإنسان. يدمج النظام الوطني للأمن الغذائي والتغذوي (SISAN) السياسات العامة على المستويات المحلية والولائية والاتحادية لتحقيق الأمن الغذائي والتغذوي. أظهرت مبادرات مثل برنامج الغذاء البرازيلي (ABP) وبرنامج الوجبات المدرسية (PNAE) نتائج واعدة في مكافحة الجوع وسوء التغذية ليس فقط في البرازيل، ولكن أيضًا في بلدان أخرى، حيث تم إدخالها من خلال التعاون الدولي. كما تلعب برامج تحويل الدخل والحماية الاجتماعية المشروطة، مثل برنامج أوكسيليو البرازيل (المعروف سابقًا باسم بولسا فاميليا)، دورًا مهمًا في تعزيز الأمن الغذائي والتغذوي في البرازيل، والحد من الفقر (الهدف 1 من أهداف التنمية المستدامة) وعدم المساواة (الهدف 10 من أهداف التنمية المستدامة).

على الرغم من التقدم المحرز في النظام الغذائي الوطني والمؤسسات المحلية والأطر القانونية، تقر البرازيل بأنه لا تزال هناك تحديات كبيرة يجب التغلب عليها. أدت جائحة كوفيد-19 إلى زيادة الفقر والجوع وعدم المساواة في جميع أنحاء العالم. في البرازيل، تشير الدراسات الأولية إلى أن انعدام الأمن الغذائي ربما يكون قد توسع

خلال الأزمة الصحية الحالية. في هذا السياق، من الواضح أننا بحاجة إلى تعزيز الجهود المشتركة نحو معالجة هدفي التنمية المستدامة 1 و2 -على الصعيدين الوطني والعالمي. إن تحديث الزراعة وتحرير السوق، بما في ذلك

التجارة الدولية المفتوحة، ضروريان إذا أردنا تحقيق أهدافنا المشتركة، ولا سيما زيادة مشاركة صغار المزارعين والشعوب الأصلية والجماعات التقليدية والمجتمعات المحلية في النظام الغذائي الوطني.

وفي الوقت نفسه، نحتاج إلى مواجهة التحديات المتعلقة بالنظم الغذائية غير الصحية وعادات الأكل، مثل ارتفاع معدل انتشار زيادة الوزن والسمنة. يؤثر ما يسمى العبء المزدوج لسوء التغذية، الذي يتميز بالتعايش بين نقص التغذية وزيادة الوزن، على العديد من البلدان في جميع أنحاء العالم، بما في ذلك البرازيل. الأمراض غير المعدية المرتبطة بعوامل الخطر الغذائية هي الأسباب الرئيسية للوفاة والمرض في البرازيل وتتسبب في أعباء اقتصادية وصحية كبيرة.

كما سلطت جائحة كوفيد-19 الضوء على الحاجة إلى تعزيز سلامة الأغذية. تشكل الأسواق الرطبة واستهلاك الأغذية الحيوانية البرية دون ضوابط صحية ونقص شبكات التخزين البارد تحديات حرجة يجب معالجتها في السنوات القادمة. من الواضح أن سلامة الأغذية والتغذية والأمن الغذائي مرتبطة ارتباطًا وثيقًا ويجب معالجتها معًا، لأن الغذاء غير الآمن وغير الكافي وغير الصحي يخلق حلقة مفرغة من المرض وسوء التغذية، لا سيما عند الرضع والأطفال الصغار وكبار السن والمرضى.

تعرض الفقرات التالية رؤية البرازيل فيما يتعلق بمستقبل النظم الغذائية الوطنية والمسار الوطني المقترح لتحقيق الأهداف المحددة

في خطة عام 2030. كما تم تضمين ملخص موجز لحلول البرازيل لتغيير قواعد اللعبة المقدمة إلى العملية التحضيرية لمؤتمر قمة النظم الغذائية كمرفق.

تعزيز البحث العلمي المستمر والشامل والابتكار من أجل تطوير نظم غذائية مستدامة

يعد تطوير التكنولوجيا والابتكار والممارسات الجيدة والوصول إليها ونشرها على جميع المستويات أمرًا بالغ الأهمية لبناء أنظمة غذائية منتجة ومزدهرة ومرنة. وفي هذا الصدد، يعد الاستثمار في العلوم والتكنولوجيا حجر الزاوية لتعزيز الركائز الأربع للأمن الغذائي والتغذية: التوافر والوصول والاستخدام والاستقرار.

تتمتع البرازيل بخبرة واسعة في دمج العلوم والتكنولوجيا لبناء أنظمة غذائية مستدامة، تتكيف مع مناخها المداري والمعتدل وخصائص مناطقها الأحيائية الستة الفريدة. لعبت الشراكات بين الأوساط الأكاديمية ومؤسسات البحوث العامة والقطاع الخاص، من منظور وطني ودولي، دورًا رئيسيًا في تعزيز الابتكار في جميع قطاعات النظام الغذائي، من مستوى المزرعة إلى المستهلكين.

تنفيذ سياسات الابتكار الزراعي: يمكن أن يعزز الابتكار تحسينات كبيرة في الكفاءة والإنتاجية وخفض التكاليف في الزراعة، مما يزيد من توافر الغذاء الآمن والصحي والمغذي والوصول إليه. يعد تعزيز الابتكار من خلال البحث والتطوير الذي تقوم به المؤسسات العامة والخاصة أمرًا بالغ الأهمية لتلبية الطلب العالمي المتزايد على الغذاء في السنوات القادمة.

الاستثمار في البحث والتطوير للمدخلات الحيوية وتعزيز زيادة إنتاجها واستخدامها: تسمح المبادرات، مثل الخطة الوطنية للمدخلات البيولوجية، بوضع قواعد ولوائح لتشغيل وحدات إنتاج المدخلات الحيوية، وإعطاء الأولوية للمصانع الحيوية الصغيرة والمتوسطة، وتمكين بيئة مواتية لتمويل البنية التحتية.

دعم تطوير مناهج متعددة للنظم الغذائية تتكيف مع الظروف المحلية بهدف تحقيق الأمن الغذائي والحد من انبعاثات غازات الدفيئة وتعزيز الزراعة المرنة

يمثل ضمان إمدادات غذائية مستقرة في سياق تزايد الظواهر المناخية المتطرفة تحديًا عالميًا كبيرًا أمام تحقيق أهداف خطة عام 2030. وباعتبارها واحدة من المنتجين والمصدرين الرئيسيين للمنتجات الزراعية، فإن البرازيل مستعدة لمواصلة توفير الغذاء الصحي والمغذي لتلبية الأمن الغذائي الوطني والعالمي.

تعزيز حفظ واستعادة الغطاء النباتي المحلي في المناطق الريفية من خلال التنفيذ الكامل لقانون الغابات: ينص قانون الغابات على الحفاظ على الغطاء النباتي المحلي وكذلك استعادة الأراضي المتدهورة في الممتلكات الريفية. تعزز المدونة الحلول المستدامة من خلال دمج إنتاج الأغذية والحفاظ على البيئة.

تعزيز أنظمة الصحة والصحة النباتية: من أجل توفير الوصول إلى أغذية آمنة وصحية ومغذية للجميع، من الأهمية بمكان ضمان سلامة الأغذية للمستهلكين ومنع انتشار الآفات أو الأمراض بين الحيوانات والنباتات. ولتحقيق ذلك، من الضروري تعزيز معايير ومؤسسات سلامة الأغذية.

مواصلة تنفيذ وتعزيز برامج دعم الدخل: دعم الدخل للفئات الضعيفة والمهمشة، بما في ذلك صغار المزارعين ومزارعي الكفاف، ضروري لتعزيز الإدماج الاجتماعي للمناطق الريفية الأقل نمواً.

- تعزيز دمج التنوع البيولوجي الزراعي في النظم الغذائية

يمكن للتنوع البيولوجي الزراعي أن يوفر غذاءً آمناً وصحياً ومغذياً وكافياً، وأن يبني المرونة ويدعم الحلول التي تتكيف مع الظروف الثقافية والمحلية. يتم تحسين الأمن الغذائي والتغذية من خلال ثراء وتنوع مصادر الغذاء. يمكن للاستثمار في العلوم، جنبًا إلى جنب مع السياسات العامة الداعمة، أن يعزز التنوع البيولوجي الزراعي ويساعد في تشكيل النظم الغذائية. يمكن أن تسهم النظم الزراعية والبيولوجية المتنوعة في الحد من الجوع والفقر (هدف التنمية المستدامة 1، 2)، وفي تعزيز الرفاه المحلي والتنمية الريفية.

التنوع البيولوجي الزراعي البرازيلي معروف جيدًا لدى شعبه، لا سيما على المستويين الإقليمي والمحلي، ولكنه غالبًا ما لا يتم دمجه بالكامل في النظام الغذائي الوطني. من المهم استكشاف الفرص لتطوير منتجات التنوع البيولوجي الاجتماعي ودمج صغار المزارعين والشعوب الأصلية والمجتمعات المحلية، وبالتالي المساهمة في الأمن الغذائي وسبل العيش.

- ضمان الحصول على طعامٍ آمنٍ ومغذي للجميع

يجب أن يكون الجميع قادرين على الحصول على أغذية مغذية وآمنة وكافية وصحية، كحق من حقوق الإنسان. يحتاج الأشخاص الذين يعيشون في أوضاع هشة، مثل الأطفال والفئات ذات الدخل المنخفض والمشردين والمهاجرين، إلى اهتمام خاص من الحكومة. ولتحقيق هذا الغرض، من الضروري تنفيذ سياسات مناسبة على المستويات القطرية والإقليمية والدولية. (بيدوتو ويبر، انطونيو نيفيس، و دو امارال و اليساندرو، 2010؛ بيدوتو ويبر، انطونيو نيفيس، و دو امارال و اليساندرو، 2010)

المطلب الثالث: التوقعات المستقبلية للوقود الحيوي في البرازيل:

تتشابك التوقعات المستقبلية للوقود الحيوي في البرازيل مع اتجاهات الطاقة العالمية، وضرورات تغير المناخ والابتكارات التكنولوجية، ومن المتوقع ان تواصل البلاد مسارها كدولة رائدة في مجال الوقود الحيوي، مع الاستثمارات المستمرة في البحث والتطوير وكذلك البنية التحتية لدعم الإنتاج والتوزيع، يمكن للوقود الحيوي المتقدم ان يعالج بعض المخاوف المرتبطة بالجيل الأول من الوقود الحيوي. مثل المنافسة مع المحاصيل الغذائية والتغيرات في استخدام الأراضي، من الممكن ان يساهم الوقود الحيوي في البرازيل في تحقيق اهداف الانبعاثات العالمية طويلة المدى، وتعزيز امن الطاقة والتغذية النمو الاقتصادي، وخاصة في المناطق الريفية. ويتطلب التجمع في المستقبل فهما شاملا للطلب العالمي على الطاقة، والسياسات البيئية، وسلوك المستهلك. ان الأراضي الصالحة للزراعة الوفيرة والمناخ الملائم في البرازيل يجعلانها قوة عظمى في مجال الطاقة الزراعية ولا تتوفر الاحتياجات المحلية فحسب، بل توفر أيضا سوقا دولية متنامية، ويستعد قطاع الوقود الحيوي لمزيد من التوسع مع التنبيه على ان ممارسات الاستدامة تواكب وتيرة التخفيف من الاثار البيئية السلبية، يعد هذا التوسع امرا بالغ الأهمية لالتزام البرازيل باتفاق باريس وللمساهمات العالمية في تقليل انبعاثات الغازات الدفيئة وتوفير هواء أنظف وتعزيز الطاقة من المصادر المتجددة. (Brazil Biofuel Case Study, 2021)

وقد تبنت البرازيل عملية إزالة الكربون. في شهر مارس، وافق الكونجرس على مشروع قانون يعرف باسم وقود المستقبل، والذي يشجع انتاج الوقود المستدام، مثل وقود الديزل الحيوي والميثان الحيوي ووقود الطيران المستدام وتوسع القاعدة الجديدة،

التي من المقرر ان يتم التصويت عليها في مجلس الشيوخ قريبا، من دمج الايثانول في البنزين (SAF).

ومن بين النقاط الأخرى، يزيد القانون محتوى مزيج وقود الديزل الحيوي في الديزل بنسبة 20% بحلول عام 2030 وينشئ برامج لإزالة الكربون من الغاز الطبيعي وإنتاج وقود الطيران المستدام، لقد بدا السوق بالفعل في التحرك، مع وجود افاق لأعمال جديدة. (Ana, 2024)

كما وافق مجلس النواب البرازيلي يوم الأربعاء 15 مارس 2024 على مشروع قانون بشأن برنامج "وقود المستقبل"، الذي سيزيد مزيج الايثانول في البنزين الى 27% من 22% الحالية، وبالتالي تقليل انبعاثات الغازات المسببة للاحتباس الحراري للوقود ويدعو مشروع القانون أيضا الى زيادة تدريجية في كمية وقود الديزل الحيوي الممزوج بالديزل المباع للمستهلكين من 14% حاليا الى ما يصل الى 20% اعتبارا من مارس 2030.

ويتطلب مشروع القانون أيضا من شركات الطيران تقليل انبعاثات الغازات الدفيئة بدءا من عام 2027، لكنه لا يحدد نسبة مئوية مستهدفة لاستخدام وقود الطيران المستدام (SAF)، بل يتطلب من شركات الطيران خفض انبعاثاتها بنسبة 10% بحلول عام 2037. (Cede, 2024)

لايزال انتاج الميثان الحيوي، الذي يتم الحصول عليه من تقنية الغاز الحيوي (الذي يتم انتاجه من خلال تحلل المواد الخام العضوية)، في بداياته حيث يوجد 20 مصنعا فقط قيد التشغيل. والخبر السار هو ان التشريع الجديد من شانه ان يعزز افاق نمو القطاع، نظرا لكونه غازا يتمتع بقوة احتراق عالية، يمكن استخدام الميثان الحيوي كبديل للغاز الطبيعي المضغوط لتزويد المركبات بالوقود. ويستخدم الغاز الحيوي بدوره لتوليد الكهرباء ويمكنه أيضا ان يحل محل الغاز الطبيعي ووفقا للقواعد الجديدة، يجب ان يتكون 10% من الغاز المباع في البرازيل من الميثان الحيوي بحلول عام 2034، وستكون هناك زيادة تدريجية، مع نسبة الزامية قدرها 1% من الميثان الحيوي في الغاز الطبيعي اعتبارا من عام 2026. ولتحقيق ذلك ستحتاج البلاد الى التركيز على انتاج الغاز المستدام، أعلنت شركة Atvos مؤخرا عن نيتها بناء اول مصنع لإنتاج الميثان الحيوي في نوفا الفورادا دوسول في ماتو جروسو دوسول، حيث تنتج بالفعل الايثانول وفي الوقت نفسه تعهدت حكومة ماتو غروسو دوسول بتخفيض ضريبة ICMS (الضريبة على تداول السلع والخدمات) على الميثان الحيوي من 17% الى 1.8%. (Ana, 2024)

ومع اخذ ذلك في الاعتبار، تم حساب إمكانية انتاج الوقود الحيوي في عام 2030 وهو العام الأخير لتحقيق الأهداف المقترحة في المساهمات البرازيلية الأولى على النحو المحدد في اتفاقية باريس. ولهذا السبب تم وضع توقعات متحفظة لزيادة الإنتاج وتنويع المحاصيل، وتم النظر في مصادر الكتلة الحيوية الأخرى، والمساحة المتاحة التي تم النظر فيها هي منطقة إعادة توطين المناطق المتدهورة حاليا او ذات الإنتاجية المنخفضة، والتي تتكون عادة من المراعي بناء على حسابات Strassburg et al (2014). من الماشية البرازيلية يمكن إطلاق 36 مليون هكتار لاستخدامات أخرى دون الحاجة الى إزالة الغابات في المناطق الاصلية. من هذه المساحة المحررة (36 مليون هكتار) تم طرح الكمية اللازمة لتلبية الطلب على الغذاء، والتي تم

حسابها من خلال الاستقراء حتى عام 2030 للتوقعات الحكومية الرسمية التي قدمتها وكالة ماباء، وبالتالي الحصول على المساحة المتاحة لإنتاج الوقود الحيوي في عام 2030. وتقدر المساحة التي يتطلبها التوسع في انتاج الغذاء بنحو 11 مليون هكتار، وسيكون هناك حوالي 25 مليون هكتار متاحة للتوسع في انتاج الوقود الحيوي. (POTENTIAL SUSTAINABLE BIOFUELS PRODUCTION IN BRAZIL-2030, 2021)

خلاصة الفصل:

تعتبر تنمية انتاج الوقود الحيوي في البرازيل من ضروريات في الدولة بسبب الحاجة لتنوع الطاقة وخصوصا الطاقة المتجددة كما سعت البرازيل الى تحقيق امنها الغذائي وبالتالي نلاحظ ان البرازيل تحاول تطوير تقنيات انتاج الوقود الحيوي المتقدمة التي تستخدم موارد اقل من الأراضي والمياه، مما يقلل من التنافس مع انتاج الغذاء، تعزيز الزراعة المستدامة وتبني الممارسات الزراعية التي تحافظ على التنوع البيولوجي وتقلل من استنزاف الموارد الطبيعية، تعزيز البحث والتطوير في مجال الزراعة لتحسين انتاج الغذاء وتحسين كفاءة استخدام الموارد، هذا غير السياسات الحكومية الداعمة التي تشجع على تنظيم الاستخدامات المختلفة للأراضي بما يضمن توفير الغذاء والطاقة بشكل مستدام.

الخاتمة

تعتبر الطاقة الحيوية واقعاً معيشاً منذ القِدم، أما في العصر الحديث فهي مصدرا هام لضمان الأمن الطاقوي وفرصة مهمة للتحول نحو مصادر طاقة أكثر استدامة وصديقة للبيئة.خصوصا مع ارتفاع أسعار الطاقة الأحفورية من جهة، وكذا تزايد آثارها السلبية على البيئة من جهة أخرى، ومن ثم فقد عملت العديد من الدول على زيادة وتطوير قدراتها في انتاج الوقود الحيوي، وذلك انطلاقا من استعمال مواد زراعية وسيطة في عملية الإنتاج. ومع ذلك، يثير إنتاج واستخدام الوقود الحيوي بعض المخاوف بشأن تأثيره على أسعار الغذاء واستخدام الأراضي الزراعية، وبالتالي تأثيره على الأمن الغذائي، لذا يجب مراعاة هذه الجوانب أثناء تطوير وتنفيذ سياسات الطاقة.

في هذا الصدد، أجريت العديد من الدراسات والمقالات للبحث في العلاقة بين إنتاج الوقود الحيوي وتوفر الأمن الغذائي على العديد من الدول، مثل الولايات المتحدة الأمريكية، دول الاتحاد الأوروبي، وكذا دولة البرازيل، حيث تمتلك تقنيات وتكنولوجيا متقدمة في إنتاج واستخدام الوقود الحيوي، مما يجعلها تحتل مراكز ريادية في هذا المجال. كما تتبنى هذه الدول سياسات حكومية مشجعة لتطوير وتعزيز صناعة الوقود الحيوي، مثل منح الدعم المالي وتشجيع الاستثمارات ووضع اللوائح والقوانين التي تدعم استخدام الوقود الحيوي كبديل مستدام وبيئي للوقود التقليدي مثل البنزين والديزل. هذه العوامل تسهم في تعزيز نمو صناعة الوقود الحيوي وتحسين توافره واستخدامه على نطاق واسع، وهذا ما يقودنا إلى إثبات الفرضية الاولى من هذه الدراسة التي مفادها أن من اهم أسواق الوقود الحيوي عالميا الولايات المتحدة الامريكية والبرازيل والاتحاد الأوروبي حيث تؤثر على هذه الصناعة في هذه الأسواق التقنيات والتكنولوجيا والسياسات الحكومية للدول.

انتاج الوقود الحيوي في البرازيل يساهم في التنمية الاقتصادية من خلال خلق فرص عمل جديدة وتحسين مستويات المعيشة في المناطق الريفية، مما يعزز القدرة الشرائية للأسر ويدعم الامن الغذائي بشكل غير مباشر. ومع ذلك، يواجه هذا القطاع تحديات تؤثر سلبا على الامن الغذائي، حيث يؤدي الطلب المتزايد على المحاصيل المستخدمة في انتاج الوقود الحيوي، مثل قصب السكر والذرة، الى ارتفاع أسعار هذه المحاصيل وتحويل الأراضي الزراعية من انتاج الغذاء الى انتاج الوقود، هذا التحول يضغط على الموارد الطبيعية مثل المياه والأسمدة. مما يؤثر على القدرة على انتاج الغذاء بكفاءة لتحقيق توازن، يجب على البرازيل تبني سياسات تدعم انتاج الوقود الحيوي من مصادر غير غذائية، وتحسين الكفاءة الزراعية، وضمان حماية الأراضي المخصصة للزراعة الغذائية. كذلك، يمكن للتعاون الدولي وتبادل الخبرات ان يساهم في تطوير استراتيجيات مستدامة تحافظ على الموارد الطبيعية وتعزز الامن الغذائي.

الفرضية 01: تعتبر الفرضية القائلة "بان السياسات الحكومية تعمل على تطور صناعة الوقود الحيوي بشكل مستدام وتحقق امن غذائي بالتوازي" مرفوضة، على الرغم من الفوائد الاقتصادية والتنموية التي يجلبها انتاج الوقود الحيوي، مثل خلق فرص العمل وزيادة الدخل في المناطق الريفية، الا ان السياسات الحالية تواجه تحديات كبيرة في موازنة هذا التطور مع الحفاظ على الامن الغذائي، ارتفاع أسعار المحاصيل الغذائية نتيجة زيادة الطلب على محاصيل الوقود الحيوي، وتحويل الأراضي الزراعية من انتاج الغذاء الى انتاج الوقود، يعكسان عدم وجود توازن فعلي في السياسات المتبعة، لتحقيق اهداف الاستدامة والامن الغذائي معا، تحتاج البرازيل الى سياسات اكثر تكاملا، وتركز على استخدام مصادر غير غذائية للوقود الحيوي، وتحسين الكفاءة الزراعية، وحماية الموارد الطبيعية.

الفرضية 02: تعتبر الفرضية القائلة "بان هذه الصناعة تؤثر على تلوث الهواء وتستنزف موارد المياه بسبب الاستخدام المفرط، لكنها قد تساهم في زيادة خصوبة التربة" فرضية مقبولة ونؤكد عليها من خلال، ان انتاج الوقود الحيوي يتطلب كميات كبيرة من المياه والمواد الكيميائية الزراعية، مما يؤدي الى استنزاف الموارد المائية وتلويثها، إضافة الى زيادة انبعاثات الغازات الدفيئة المسببة للاحتباس الحراري من العمليات الزراعية والتصنيعية. على الرغم من هذه الاثار البيئية السلبية، يمكن لصناعة الوقود الحيوي ان تساهم في زيادة خصوبة التربة، حيث يتم استخدام بعض المخلفات الزراعية والنباتية كسماد طبيعي يعزز جودة التربة، لذا بينما

تؤكد الصناعة تأثيرها السلبي على تلوث الهواء واستنزاف المياه، فإنها تساهم بشكل سلبي في تحسين خصوبة التربة عند إدارة المخلفات بطرق مستدامة.

الفرضية 03: تعتبر الفرضية القائلة "بان انتاج الوقود الحيوي يؤدي الى التنافس على الأراضي الزراعية مما يهدد وفرة الغذاء" فرضية مقبولة وناكدها من خلال، ان الطلب المتزايد على المحاصيل المستخدمة في انتاج الوقود الحيوي، مثل قصب السكر والذرة، يدفع المزارعين الى تحويل الأراضي من زراعة الأغذية الى زراعة محاصيل الطاقة. هذا التحول يؤدي الى تقليل المساحات المخصصة لإنتاج الغذاء، مما يزيد من أسعار المواد الغذائية ويؤثر سلبا على توفر الغذاء، خاصة للفئات الفقيرة، بذلك يمكن القول ان صناعة الوقود الحيوي في البرازيل تؤدي الى منافسة على الأراضي الزراعية، مما يمثل تهديدا لوفرة الغذاء.

الفرضية 04: تعتبر الفرضية القائلة "بان العلاقة طردية بين أسعار الوقود الحيوي وأسعار الغذاء" يمكننا تأكيد هذه الفرضية حيث ان الطلب على المحاصيل المستخدمة في انتاج الوقود الحيوي، مثل قصب السكر والذرة، يؤدي الى ارتفاع أسعار هذه المحاصيل بسبب تحويل جزء كبير من الإنتاج الى صناعة الوقود الحيوي، هذا الارتفاع في أسعار المحاصيل الأساسية ينعكس بدوره على أسعار المواد الغذائية، مما يؤدي الى زيادة تكلفة الغذاء. لذلك، يمكن القول ان ارتفاع أسعار الوقود الحيوي يرتبط بشكل مباشر بارتفاع أسعار الغذاء، مما يؤكد وجود علاقة طردية بينهما.

أهم النتائج:

مما سبق يمكن الخروج بعدة نتائج أهمها ما يلي:

- استخدام المخلفات الزراعية والنباتية كسماد طبيعي في انتاج الوقود الحيوي يمكن ان يزيد من خصوبة التربة ويحسن جودتها مما يشكل فائدة بيئية محتملة عند إدارة المخلفات بطرق مستدامة.
- انتاج الوقود الحيوي يعزز النمو الاقتصادي ويوفر فرص عمل جديدة، خاصة في المناطق الريفية مما يحسن مستويات المعيشة ويساهم في التنمية الاقتصادية.
- لتحقيق التوازن بين تطوير صناعة الوقود الحيوي والحفاظ على الامن الغذائي، تحتاج البرازيل الى سياسات متكاملة تدعم الابتكار في انتاج الوقود الحيوي من مصادر غير غذائية، وتحسين الكفاءة الزراعية، وضمان حماية الأراضي الزراعية المخصصة لإنتاج الغذاء.
- انتاج الوقود الحيوي يؤدي الى تحويل الأراضي الزراعية من زراعة الأغذية الى زراعة محاصيل الطاقة مثل قصب السكر والذرة، مما يهدد وفرة الغذاء بسبب تقليل المساحات المتاحة لإنتاج الغذاء.
- العلاقة الطردية بين أسعار الوقود الحيوي وأسعار الغذاء تؤكد ان زيادة الطلب على المحاصيل المستخدمة في انتاج الوقود الحيوي يؤدي الى ارتفاع أسعار هذه المحاصيل مما يرفع بدوره أسعار المواد الغذائية الأساسية لذا يجب اللجوء لحلول بديلة مثل محاصيل غير غذائية والمخلفات والطحالب.
- انتاج الوقود الحيوي يستنزف موارد المياه بسبب الاستخدام المفرط للري والاسمدة الكيميائية، ويساهم في تلوث الهواء من خلال انبعاثات الغازات الدفيئة الناتجة عن العمليات الزراعية والتصنيعية.

التوصيات:

انطلاقا من النتائج التي تم التوصل إليها خلال هذه الدراسة يمكن تقديم بعض التوصيات في هذا المجال كتالي:

- إعطاء أهمية لتنويع مصادر الطاقة ودعم البحث العلمي في مجال دراسة وتطوير الطاقات المتجددة.
- تشجيع السياسة الوطنية والدولية من أجل تطوير إنتاج الوقود الحيوي.
- دراسة أثر سياسة الحكومات في إنتاج الوقود الحيوي على الأمن الغذائي، والبحث عن وضع سياسات تشجع على الاستثمار في البحث والتطوير لتحسين كفاءة استخدام الأراضي وزيادة إنتاجية المحاصيل الزراعية، بالإضافة إلى تحفيز الزراعة المستدامة وتطوير الأنظمة الغذائية المتكاملة.
- تعزيز التعاون الدولي وتكثيف الجهود المشتركة لمواجهة تحديات الأمن الغذائي والوقود الحيوي على المستوى العالمي.
- إتباع السياسات والتدابير لضمان توفير الغذاء الكافي والمغذي لجميع الأفراد، بما في ذلك الفئات الأكثر ضعفاً والمعرضة للجوع.

آفاق الدراسة:

من خلال دراسة العلاقة بين إنتاج الوقود الحيوي والأمن الغذائي لدولة البرازيل، وبعد انتهاء من معالجة إشكالية بحثنا، يمكن اقتراح بعض الآفاق لدراسات أخرى نذكر منها:

- تقييم الأثر البيئي لإنتاج الوقود الحيوي على جوانب التنمية المستدامة.
- دراسة أثر سياسة الحكومات في إنتاج الوقود الحيوي على الأمن الغذائي.
- البحث في استراتيجية لتحقيق التوازن بين الطاقة والأمن الغذائي والبيئة.
- التعمق أكثر في مجال البدائل المستدامة لإنتاج الطاقة بالتوازي مع تحقيق امن غذائي

قائمة المراجع:

أولا باللغة العربية:

1 البحوث الجامعية:

- بلال جعفري، (2018-2019). *الوقود الحيوي بين القيد الغذائي و القيد الطاقوي الدروس المستفادة من التجارب الدولية*. قسنطينة – الجزائر، قسم علوم اقتصادية: جامعة قسنطينة 2 عبد الحميد مهري كلية العلوم الاقتصادية و العلوم تجارية و علوم التسيير.

- فاتح بن نونة، (2016). *اثر التوسع في انتاج و استخدام الوقود الحيوي في قطاع النقل عالميا على التنمية الزراعية و الامن الغذائي في الدول النامية حالة انتاج الوقود الحيوي في الولايات المتحدة الامريكية و الاتحاد الاوروبي 2004-2013*. ورقلة-الجزائر، قسم علوم اقتصادية: جامعة قاصدي مرباح كلية علوم الاقتصادية و علوم التجارية و علوم التسيير.
- تواتي خير الدين، *الامن الغذائي العالمي:* (2018 - 2019). *الاستراتيجيات و التهديدات*. قالمة، قسم العلوم السياسية: جامعة 8 ماي 1945م قالمة ،كلية الحقوق و العلوم السياسية.
- قويسي مبروك. (2022-2023). *الامن الغذائي في الجزائر خلال فترة (2008-2018)*. الجزائر العاصمة، قسم علوم اقتصادية , تخصص تخطيط: جامعة الجزائر 3 كلية العلوم الاقتصادية و العلوم التجارية و علوم التسيير.
- بكدي فاطمة، (2012-2013). *اشكالية تحقيق الامن الغذائي في الجزائر من منظور التنمية المستدامة (2000-2012)*. الجزائر، اقتصاد البيئة، كلية العلوم الاقتصادية وعلوم تجاريية والمحاسبة وعلومك التسيير : جامعة الجزائر -3-
- مباركة جناد، (2023). *اشكالية الامن الغذائي و تحقيق الاكتفاء الذاتي في الجزائر*. سطيف , الجزائر: جامعة فرحات عباس.

2- المقالات :

- الجليل، الغايش، د.عزمي محمد عبد. (2019). تأثير التوسع في صناعة الوقود الحيوي على الأمن الغذائي. *مجلة الشريعة و القانون العدد الرابع و الثلاثون الجزء الثاني*، الصفحات 464-465..

- حفناوي امال . (28/ 12/ 2023). دراسة واقع الامن الغذائي المستدام في الجزائر من خلال مؤشرات الامن الغذائي و استدامة الاغذاء. *مجلة اضافات اقتصادية*، صفحة 19.

- د.موسى ،فياض، م. عبير، ابو رمان. (2010). *الوقود الحيوي الافاق و المخاطر و الفرص*. المملكة الاردنية الهاشمية: مركز الوطني للبحث و الارشاد الزراعي.

- سعدون مصطفى سمير، عبد الناصر بلال، و خضر سلمان محمود. (بلا تاريخ). *الطاقة البديلة مصادرها و استخداماتها*. المكتبة غريب طوس الالكترونية

- الشافعي، أ.د/عادل المهدي ،أ.د/عمر صقر ، الباحث/ أحمد صلاح. (ديسمبر, 2021). تحديات الأمن الغذائي في مصر في ظل إستراتيجية التنمية الزراعية 2030. *المجلة المصرية للإقتصاد الزراعي*، الصفحات 1283-1282.
- الطيف عبد الكريم، كوارد فاطمة. الوقود الحيوي و تحديات تحقيق الامن الغذائي في العالم ، الصفحات 502,503. (07 12, 2018).
- كافي، د.فريدة. (2019). الطاقات المتجددة السبيل لتجسيد أبعاد الإستدامة و تحقيق مستقبل طاقوي مستدام. *مجلة البحوث العلمية في التشريعات البيئية -المجلد 06- العدد 01*، الصفحات 173-175.
- م.عمر حميد مجيد محمد. (2016). صناعة الوقود الحيوي و إنعكاسها على تطوير القطاع الزراعي في الدول النامية. *مجلة العلوم الإقتصادية و الإدارية* ، صفحة 364.

- م.م محمد، راضي جعفر، م.د عقيل، عبد محمد. (بلا تاريخ). *الوقود الحيوي السائل بديل النفط مفهومه و اثاره مع الاشارة الى الدولة الامارات العربية المتحدة*. البصرة: جامعة البصرة كلية الادارة و الاقتصاد.

- محفوظ العجوزة ايمان علي، (2016). *الجدوى الاقتصادية لانتاج الوقود الحيوي من نبات الجاتروفا كمصدر بديل للطاقة* (الإصدار جامعة السويس كلية التجارة). السويس. مصر، الاقتصاد: المجلة المصرية للاقتصاد الزراعي.
- محمد مدني حساني شحات، (2018_2019). *اقتصاديات انتاج الوقود الحيوي و اثره على الامن الغذائي بدول جنوب افريقيا منذ 2007*. القاهرة، قسم السياسة و الاقتصاد: جامعة القاهرة كلية الدراسات الافريقية العليا.
- منظمة الأغدية والزراعة. (2008). *حالة الاغذية و الزراعة الوقود الحيوي : الافاق و المخاطر و الفرص*. ايطاليا ، روما: منظمة الاغذية و الزراعة للامم المتحدة FAO.

- وسيلة واعر، قرمية دوفي، (2021). *دراسة تحليلية لوضعية الامن الغذائي العربي في ظل مؤشرات الامن الغذائي العالمي خلال الفترة 2009_2018*. مجلة ابحاث و دراسات اقتصادية في الطاقات المتجددة. باتنة ، ميلة _ الجزائر: جامعة باتنة1، المركز الجامعي لميلة.

- وفاء، جاسم الرجب. (17 سبتمبر 2018).*الوقود الحيوي و مصادر الطاقة البديلة ينتج من محاصيل زراعية و طحالب وبكتيريا* . تم الاسترداد من الشرق الاوسط صحيفة العرب الاولى.
- وير أنطونيو نيفيس دو أمارال وأليساندرو بيدوتو. (2010). الأمن الغذائي حالة البرازيل. *سلسلة التجارة و الامن الغذائي*، الصفحات 7-9.

3- المواقع الالكترونية:

- ابو الخير محمد. (24 ماي, 2022). تعرف على اجيال صناعة الوقود الحيوي. (وزارة البترول و الثروة المعدنية مصر) تم الاسترداد من بيترو نيوز:

https://petro-news.com/%d8%ab%d9%82%d8%a7%d9%81%d8%a9-%d8%a8%d8%aa%d8%b1%d9%88%d9%84%d9%8a%d8%a9/%d8%b5%d9%86%d8%a7%d8%b9%d8%a9-%d8%a7%d9%84%d9%88%d9%82%d9%88%d8%af/

- ابو الخير محمد. (8 يونيو, 2022). تعرف على نشاة و تطور الطاقة الحيوية عبر التاريخ. تم الاسترداد من بترونيوز التابع لوزارة البترول و الثروة المعدنية لمصر:

https://petro-news.com/%D8%AB%D9%82%D8%A7%D9%81%D8%A9-%D8%A8%D8%AA%D8%B1%D9%88%D9%84%D9%8A%D8%A9/%D8%A7%D9%84%D8%B7%D8%A7%D9%82%D8%A9-%D8%A7%D9%84%D8%AD%D9%8A%D9%88%D9%8A%D8%A9-%D8%B9%D8%A8%D8%B1-%D8%A7%D9%84%D8%AA%D8%A7%D8%B1%D9%8A%D8%AE

- انبعاثات الغازات الدفيئة: تقليل انبعاثات الغازات الدفيئة باستخدام الوقود الحيوي. (11 اذار, 2024). تم الاسترداد من Faster Capital:

https://fastercapital.com/arabpreneur/%D8%A7%D9%86%D8%A8%D8%B9%D8%A7%D8%AB%D8%A7%D8%AA-%D8%A7%D9%84%D8%BA%D8%A7%D8%B2%D8%A7%D8%AA-%D8%A7%D9%84%D8%AF%D9%81%D9%8A%D8%A6%D8%A9--%D8%AA%D9%82%D9%84%D9%8A%D9%84-%D8%A7%D9%86%D8%A8%D8%B9%D8%A7%D8%AB%D8%A7%D%-8%AA

- انتاج الكتلة الحيوية: تسخير الكتلة الحيوية للطاقة في انظمة الحراجة الزراعية. (13 آذار, 2024). تم الاسترداد من Faster Capital: https://fastercapital.com/arabpreneur/%D8%A5%D9%86%D8%AA%D8%A7%D8%AC-%D8%A7%D9%84%D9%83%D8%AA%D9%84%D8%A9-%D8%A7%D9%84%D8%AD%D9%8A%D9%88%D9%8A%D8%A9--%D8%AA%D8%B3%D8%AE%D9%8A%D8%B1-%D8%A7%D9%84%D9%83%D8%AA%D9%84%D8%A9-%%D8%A7%D9%84%D8%AD%D9%8A%D9%88%D9%8A
- IN THE TANK TO GREEN: تسخير قوة الوقود الحيوي. (24 تشرين الاول, 2023). تم الاسترداد من FASTER CAPITAL: https://fastercapital.com/arabpreneur/IntheTank-to-Green--%D8%AA%D8%B3%D8%AE%D9%8A%D8%B1-%D9%82%D9%88%D8%A9-%D8%A7%D9%84%D9%88%D9%82%D9%88%D8%AF-%D8%A7%D9%84%D8%AD%D9%8A%D9%88%D9%8A.html
- سكرتارية BY CCAC. (07 مارس, 2022). الغاز الحيوي ، محلول المناخ والهواء النظيف مع العديد من الفوائد. تم الاسترداد من Climate and Clean Air Coalition: https://www.ccacoalition.org/ar/news/biogas-climate-and-clean-air-solution-many-benefits#:~:text=%D9%83%D8%A8%D8%AF%D9%8A%D9%84%20%D9%84%D8%AD%D8%B1%D9%82%20%D8%A7%D9%84%D8%A3%D8%AE%D8%B4%D8%A7%D8%A8%20%D8%A3%D9%88%20%D8%A7%D9%84%D8%B1%D9%88%D8%AB,%D8%A7%
- سوق الديزل الحيوي: التوجهات العالمية للصناعة, الحصة, الحجم, النمو, الفرصة وتوقعات الفترة 2023-2028. (2023). تم الاسترداد من imarc| impactful insights: https://www.imarcgroup.com/report/ar/biodiesel-market
- عز الدين رجب. (29 01, 2024). الطلب على الوقود الحيوي عالميا يتلقى دفعة قوية بحلول 2028 (تقرير). (وحدة ابحاث الطاقة) تم الاسترداد من الطاقة ATTAQA:

https://attaqa.net/2024/01/29/%d8%a7%d9%84%d8%b7%d9%84%d8%a8
-%d8%b9%d9%84%d9%89-
%d8%a7%d9%84%d9%88%d9%82%d9%88%d8%af-
%d8%a7%d9%84%d8%ad%d9%8a%d9%88%d9%8a-
%d8%b9%d8%a7%d9%84%d9%85%d9%8a%d9%8b%d8%a7-
/%d9%8a%d8%aa%d9%84%d9%82%d9%89

- عمار احمد . (12 08, 2023). اكبر الدول المنتجة للوقود الحيوي عالميا خلال 2022. تم الاسترداد من الطاقة ATTAQA وحدة ابحاث الطاقة:
https://attaqa.net/2023/08/12/%D8%A3%D9%83%D8%A8%D8%B1-
%D8%A7%D9%84%D8%AF%D9%88%D9%84-
%D8%A7%D9%84%D9%85%D9%86%D8%AA%D8%AC%D8%A9-
%D9%84%D9%84%D9%88%D9%82%D9%88%D8%AF-
%D8%A7%D9%84%D8%AD%D9%8A%D9%88%D9%8A-
/%D8%B9%D8%A7%D9%84%D9%85

- عمار احمد. (15 04, 2024). توقعات بنمو الطلب على الطاقة الحيوية 41% بحلول 2050 (تقرير). (وحدة ابحاث الطاقة) تم الاسترداد من الطاقة :ATTAQA
https://attaqa.net/2024/04/15/%D8%AA%D9%88%D9%82%D8%B9%D8
%A7%D8%AA-%D8%A8%D9%86%D9%85%D9%88-
%D8%A7%D9%84%D8%B7%D9%84%D8%A8-
%D8%B9%D9%84%D9%89-
%D8%A7%D9%84%D8%B7%D8%A7%D9%82%D8%A9-
%D8%A7%D9%84%D8%AD%D9%8A%D9%88%D9%8A%D8%A9-
41/#:~:text=%D8%A7%D9%84%D8%B7%D9

- قاسم امجد. (2019). اربعة اجيال من الوقود الحيوي... والتحديات لا تزال ضخمة. تم الاسترداد من القافلة ارماكو السعودية:
https://qafilah.com/ar/%D8%A3%D8%B1%D8%A8%D8%B9%D8%A9-
%D8%A3%D8%AC%D9%8A%D8%A7%D9%84-%D9%85%D9%86-
%D8%A7%D9%84%D9%88%D9%82%D9%88%D8%AF-
%D8%A7%D9%84%D8%AD%D9%8A%D9%88%D9%8A

- كيف تؤثر العوامل السياسية والديموغرافية والاجتماعية والثقافية في الامن الغذائي. (21 ابريل, 2024). تم الاسترداد من drbenamarcheba: https://www.drbenamarcheba.com/2024/04/blog-post_15.htm
- لجنة الأمن الغذائي العالمي. (2017). تم الاسترداد من https://www.fao.org/3/MR173AR/mr173ar.pdf
- مجموعة البنك الدولي. (2024). ماهو الامن الغذائي؟ تم الاسترداد من البنك الدولي: IBRD , IDA مجموعة البنك الدولي: https://www.albankaldawli.org/ar/topic/agriculture/brief/food-security-update/what-is-food-security#:~:text=%D9%88%D8%B1%D8%A8%D9%85%D8%A7%20%D9%8A%D9%83%D9%88%D9%86%20%D9%84%D9%84%D8%A3%D8%AD%D9%88%D8%A7%D9%84%20%D8%A7%D9%84%D9%85%D9%86%D8%A7%D8%AE%D9%8A
- جرين اليزابيث. (2 ابريل, 2024). تأثير انبعاثات الغازات الدفيئة على البيئة. تم الاسترداد من SIGMAEARTH: https://sigmaearth.com/ar/the-impact-of-ghg-emissions-on-the-environment

ثانيا باللغات الأجنبية:

1- Rapports

- Araujo, N. P. (2019). *Opportunities and risks for continued biofuel expansion in Brazil.* san fransisco: the international council on clean transporation.
- IEA Bioenergy , The BC-Smart Low Carbon Fuels Consortium , BC Bioenergy Network. (2023). *Implementation Agendas Compare-and-Contrast Transport Biofuels Policies (2021-2023 Update), IEA Bioenergy Task 39.* Technology Collaboration Programme by iea.
- Joseph , D., & Gary , W. (2023). *Biofuels Annual.* Brazil: USDA & GAIN.
- Luana, G. J. (2009, janvier). BAHIA ANÁLISE & DADOS. *BAHIA ANÁLISE & DADOS,*, p. 553.

- Tomas , E., & Hannah, E. (2023). *Assessment of successes and lessons learned for biofuels deployment : Status of biofuels policies and market deployment in Brazil, Canada, Germany, Sweden and the United States.* IEA Bioenergy TCP.
- FREE P, N. (2015). *THE IMPACT OF BIOFUELS ON FOOD PRICESk LESSONS FROM THE EXPERIENCES OF BRAZIL AND U.S.* SOUTH AFRICA, DEPARTEMENT IN ECONOMICS : UNIVERSITY OF FORT HARC , FACULTY OF MANAGEMENT AND COMMERCE.
- *POTENTIAL SUSTAINABLE BIOFUELS PRODUCTION IN BRAZIL-2030.* BRAZIL: ALF REBEIRO/SHUTTERSTOCK. (2021).
- Yuzhong , L., Pablo , C.-M., Amin, Z., Michael, S., Bo, P., Elias , E., et al. (2021). *Biofuels for a sustainable future.* CelPres.

2– pages internet et sites web:

- Adam, S. (2021, april 04). The Future of Biofuels: Meeting the World's Energy Security. Récupéré sur Vista projects: https://www.vistaprojects.com/future-of-biofuels/#:~:text=Third%2Dgeneration%20biofuels%20will%20play,of%20ongoing%20global%20energy%20advancements.

- AGENCY, I. R. (2024, APRIL 02). BIOENERGY & BIOFUELS. Récupéré sur IRENA: https://www.irena.org/Energy-Transition/Technology/Bioenergy-and-biofuels

- Ana, Z. (2024, April 25). How Will the Fuel of the Future Bill Impact Brazil's Energy Industry? Récupéré sur CZ: https://www.czapp.com/analyst-insights/how-will-the-fuel-of-the-future-bill-impact-brazils-energy-industry/#:~:text=In%20March%2C%20Congress%20approved%20a,blending%20of%20ethanol%20into%20gasoline.

- Biofuels: a sustainable solution for a green energy future. (2023, JULY 07). Récupéré sur Specta Fuels: https://www.spectrafuels.com/biofuels-a-sustainable-solution-for-a-green-energy-future/

- Biofuels: a sustainable solution for a green energy future. (2023, JULY 07). Récupéré sur Specta Fuels: https://www.spectrafuels.com/biofuels-a-sustainable-solution-for-a-green-energy-future/

- Brazil Biofuel Case Study. (2021). Récupéré sur Vaia: https://www.vaia.com/en-us/explanations/geography/global-resource-management/brazil-biofuel-case-study/#:~:text=Brazil's%20biofuel%20sector%20is%20burgeoning,waste%20and%20non%2Dedible%20sources.

- Brazil Biofuel Case Study. (2021). Récupéré sur Vaia: https://www.vaia.com/en-us/explanations/geography/global-resource-management/brazil-biofuel-case-

study/#:~:text=Brazil's%20biofuel%20sector%20is%20burgeoning,waste%20and%20non%2Dedible%20sources.

- Brazil Biofuel Market Trends. (2023-2024). Récupéré sur Mordor Intelligence: https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/brazil-biofuel-market/market-trends

- Brazil Biofuel Market Trends. (2023-2024). Récupéré sur Mordor Intelligence: https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/brazil-biofuel-market/market-trends

- Carazzolle, T. O. (2022, Septembre 11). Brazilian industrial yeasts show high fermentative performance in high solids content for corn ethanol process. Récupéré sur Springer Open: https://bioresourcesbioprocessing.springeropen.com/articles/10.1186/s40643-022-00580-w

- Cede, S. (2024, March 15). Future Fuel Program Advances in Brazils Congress. Récupéré sur The Brazilian Report: https://brazilian.report/liveblog/politics-insider/2024/03/14/future-fuel-program-advances-in-brazils-congress/

- Chris.R, S., & Stephen.P, L. (2015, JULY 03). The Future of Biofuel and Food Production in the Context of Climate Change and Emerging Resource Stresses. Récupéré sur NATIONAL ACADEMY OF ENGINEERING: https://www.nae.edu/140644/The-Future-of-Biofuel-and-Food-Production-in-the-Context-of-Climate-Change-and-Emerging-Resource-Stresses

- Economics of Biofuels. (2024, march 15). Récupéré sur EPA United States Environmental Protection Agency: https://www.epa.gov/environmental-economics/economics-biofuels#:~:text=Diverting%20these%20crops%20to%20biofuels,be%20devoted%20to%20food%20production.

- Fabrício , V. (2022, 11 10). The new design of corn production in Brazil, following the arrival of plants that process the grain. Récupéré sur Cultivar Revista: https://revistacultivar.com/artigos/o-novo-desenho-da-producao-de-milho-no-brasil-a-partir-da-chegada-das-usinas-que-processam-o-grao

- joaquim E.A.Seabra. (2021). biofuels in the global energy mix. Récupéré sur Roadmap to 2050. raport: https://roadmap2050.report/biofuels/biofuels-in-the-global-energy-mix/#:~:text=Liquid%20biofuels%20meet%2014%25%20of,transport%20energy%20needs%20by%202050.

- LEE ENTERPRISES CONSULTING. (s.d.). A SHORT HISTORY OF BIOFUELS. Récupéré sur LEC: https://lee-enterprises.com/a-short-history-of-biofuels/

- MADISON , D., FELIP F.DIZON, LEONARDO, B. R., & FELIPE, S. (2023, DECEMBER 06). Pathways for Brazil to sustainably transform its sugar industry. Récupéré sur WORLD BANK BLOGS: https://blogs.worldbank.org/en/agfood/pathways-brazil-sustainably-transform-its-

sugar-industry#:~:text=According%20to%20the%202023%20Brazilian,%2C%20an%20increase%20of%203.4%25.

- Market Size of Biofuels in Brazil (2017 – 2021). (2021, Desember). Récupéré sur GLOBALDATA: https://www.globaldata.com/data-insights/power-and-utilities/market-size-of-biofuels-in-brazil-2017-2021/#:~:text=Brazil%20is%20one%20of%20the,volume%20of%208%2C681%20million%20gallons.

- Market Size of Biofuels in Brazil (2017 – 2021). (2021, Desember). Récupéré sur GLOBALDATA: https://www.globaldata.com/data-insights/power-and-utilities/market-size-of-biofuels-in-brazil-2017-2021/#:~:text=Brazil%20is%20one%20of%20the,volume%20of%208%2C681%20million%20gallons.

- Revolutionising Energy: A Dive into the World of Biofuels. (2024, MAY 07). Récupéré sur FUELSOURCE LTD: https://www.fuelsource.co.uk/revolutionising-energy-a-dive-into-the-world-of-biofuels/

- Scott , M., & Marcel, A. (2009, march 01). Growing Crops for Biofuels Has Spillover Effects. Récupéré sur USDA Economic Research Service U.S Departement of Agriculture: https://www.ers.usda.gov/amber-waves/2009/march/growing-crops-for-biofuels-has-spillover-effects/

- Shahab.E, S., Narinpat, L., Muhammad, Y., Supawan, V., Kannika, B., & Shoukat, A. (2023, november 15). Assessing the impacts of transitioning from rice farming to sugarcane cultivation on food security: Case of the dietary energy intake in the Northeast of Thailand. Récupéré sur Taylor & Francis

Online: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/27685241.2023.2278897