Agence de Promotion
de l'Industrie et de l'Innovation

Fiche professionnelle de projet

« Production d'éthanol»

Soutenu par

Invest for Jobs
Opportunités de croissance en Afrique

Mise en oeuvre par

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

KFW

Avril 2025

SOMMAIRE

1. FICHE SYNTHÉTIQUE DU PROJET **03**

2. PRÉSENTATION DU PROJET **04**

2.1. DESCRIPTION DU PROJET **04**
2.2. DÉFINITIONS CLEFS **05**
2.3. JUSTIFICATION DE L'OPPORTUNITÉ **07**

3. ANALYSE DU MARCHÉ **09**

3.1. SEGMENTATION DE LA DEMANDE **09**
3.2. MARCHÉ LOCAL **11**
3.3. MARCHÉ INTERNATIONAL **15**
3.4. LES PERSPECTIVES DE LA DEMANDE **16**
3.5. STRATÉGIE MARKETING **18**

4. COMPOSANTES TECHNIQUES DU PROJET **22**

4.1. PROCESS ET BESOINS EN ÉQUIPEMENTS **22**
4.2. ACTIVITÉS CLEFS **24**
4.3. INTRANTS ET MATIÈRES PREMIÈRES **26**
4.4. BESOINS EN RESSOURCES HUMAINES **27**
4.5. INNOVATION ET DIGITALISATION **27**

5. RÉGLEMENTATION, DURABILITÉ ET CERTIFICATIONS **29**

5.1. RÉGLEMENTATION SPÉCIFIQUE DE LA COMMERCIALISATION ET DE L'UTILISATION DE L'ÉTHANOL **29**
5.2. NORMES ET CERTIFICATIONS **30**
5.3. ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX ET ÉCOLOGIQUES **31**

6. ANALYSE SWOT DU PROJET **34**

7. INVESTISSEMENT ET RENTABILITÉ PRÉVISIONNELLE **36**

7.1. BESOINS EN INVESTISSEMENT ET FINANCEMENT **36**
7.2. PRÉVISIONS D'ACTIVITÉ **37**
7.3. PRÉVISIONS DE CHARGE **37**
7.4. RENTABILITÉ **39**
7.5. GESTION DES RISQUES **39**

8. ANNEXES **41**

8.1. STATISTIQUES DÉTAILLÉES **41**
8.2. ADRESSES UTILES **43**
8.3. PROJECTIONS DE RENTABILITÉ **43**
8.4. TERMES TECHNIQUES **43**

ACRONYMES

APII	Agence de Promotion de l'Industrie et de l'Innovation
BCT	Banque Centrale de Tunisie
CA	Chiffre d'Affaires
CAF	Coût, Assurance et Fret
CMLT	Crédit Moyen et Long Terme
EFSA	Autorité européenne de sécurité des aliments
FDA	Food and Drug Agency
GMP	Good Manufacturing Practices
HI	Hectolitre
IOT	Internet Of Things
INNOPRI	Institut National de la Normalisation et de la Propriété Industrielle (INNORPI)
INS	Institut National de la Statistiques
mDT	mille Dinars Tunisiens
MDT	Millions de Dinars Tunisiens
PLC	Programmable Logic Controller
PPP	Partenariat Public Privé
T	Tonne
TRI	Taux de Rentabilité Interne
TVA	Taxe sur la Valeur Ajoutée
VAN	Valeur Actualisée Nette
UE	Union Européenne

1. Fiche synthétique du projet

DESCRIPTION

Le projet consiste à produire de l'éthanol à partir des déchets de dattes (écart, dattes fermentées, dattes infestées,…)

OPPORTUNITÉ

Le gisement de déchets de dattes en Tunisie est de plus en plus important avec l'augmentation continue de la production. Le marché local d'éthanol se situe à environ 40 000 hl et devrait se consolider dans les années à venir avec la croissance de la demande dans les principaux secteurs utilisateurs. La totalité de ce besoin est actuellement desservi par les importations assurées par la Régie des Alcools. L'éthanol est considéré comme un produit stratégique dont le marché international connaît des tensions se traduisant par des fluctuations des prix et des ruptures au niveau des approvisionnements. Ainsi, le projet permet de valoriser une ressource locale riche en sucre tout en sécurisant les approvisionnements nationaux. Moyennant une maîtrise de l'approvisionnement en déchets et une optimisation des coûts logistiques et des procédés, le projet pourrait fournir de l'éthanol de qualité à un prix compétitif par rapport aux cours internationaux

PRODUITS

- Alcool Absolu : 99-100%
- Alcool surfin : 95-98%

INVESTISSEMENT

Investissement Total : 17,5 MDT
- Terrain et constructions : 1,5 MDT
- Agencement et installations : 5,5 MDT
- Equipements : 6,5 MDT
- Autres : 2 MDT
- FdR : 2 MDT

CA EN RÉGIME DE CROISIÈRE

19,4 MDT

FINANCEMENT

- Capital : 6,2 MDT
- Crédit : 11,3 MDT

CAPACITÉ

40 000 hl par an

EMPLOIS

50 dont 18 cadres et maitrise

RENTABILITÉ

- TRI : 23%
- VAN : 5 020 mDT
- Retour sur investissement : 5 ans

2.Présentation du projet

2.1. DESCRIPTION DU PROJET

Le projet consiste en la création d'une unité **de production d'éthanol à partir des déchets et écarts de dattes en Tunisie.** L'objectif est de valoriser ces sous-produits de la filière des dattes, souvent considérés comme des déchets, en les transformant en éthanol, un produit de haute valeur ajoutée utilisé dans plusieurs secteurs industriels. Ce projet s'inscrit également dans une logique d'économie circulaire, en contribuant à la réduction des déchets agricoles et à la diversification des débouchés pour les producteurs de dattes.

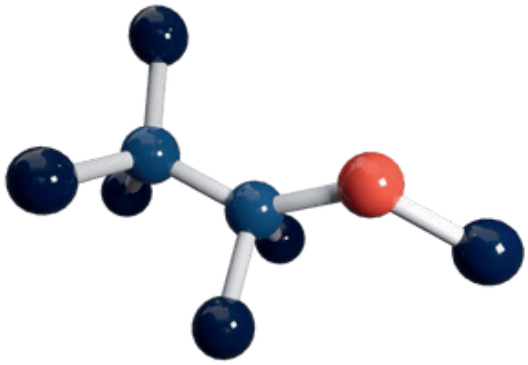
Le projet permettra d'exploiter une matière première abondante et sous-utilisée, tout en créant des opportunités économiques et environnementales dans la région, notamment le Sud-Ouest du pays qui constitue le bassin de production des dattes. Il permettra également de réduire la dépendance à l'importation pour l'approvisionnement en ce produit stratégique, dont le marché international a connu des tensions au cours des dernières années, qui se sont traduites par des fluctuations importantes des prix et des ruptures, notamment pendant la crise du COVID-19.

Les produits visés par cette unité incluent principalement l'éthanol absolu et surfin, destinés à des utilisations multiples telles que :

- Les industries pharmaceutiques.
- Les industries cosmétiques.
- Les industries agroalimentaires et autres
- La production de biocarburants[1]
- .....

ÉTHANOL

FORMULA: C_2H_5OH



Le procédé de production de l'éthanol comprend plusieurs étapes clés. Les déchets de dattes sont d'abord broyés pour extraire les sucres fermentescibles, puis convertis en éthanol par fermentation grâce à l'ajout de levures spécifiques. Le moût fermenté est ensuite distillé pour séparer l'éthanol de l'eau et des autres composants. Le produit final est purifié pour obtenir de l'éthanol pur à haute concentration, conforme aux normes internationales. Ce processus permet de transformer une matière première de faible valeur en un produit commercialisable de grande valeur.

[1] Cette utilisation ne sera pas visée dans ce projet compte tenu des quantités ciblées.

Les principales composantes du projet comprennent l'infrastructure physique, avec la construction d'une usine de production équipée de fermenteurs, de distillateurs, de broyeurs et de systèmes de purification. Un laboratoire de contrôle qualité sera également installé pour garantir la conformité du produit aux normes requises. D'autres composantes clés du projet incluent les systèmes de gestion de l'énergie et de l'eau, essentiels à l'optimisation des ressources et à la réduction de l'impact environnemental de l'unité de production.

2.2. DÉFINITIONS CLEFS

L'éthanol, principal produit de ce projet[2], peut être classé selon son degré de concentration comme suit :

Appellation	Degré de concentration	Utilisations possibles
Éthanol absolu	(99-100%)	Principalement utilisé dans les laboratoires pour des expériences scientifiques et pour des applications spécifiques en chimie (extraction, synthèse). Utilisé également dans les industries pharmaceutiques pour des procédés qui nécessitent de l'éthanol sans eau.
Éthanol pur	(95-98%)	Très utilisé dans les industries pharmaceutiques et cosmétiques. Il est utilisé pour fabriquer des médicaments, des antiseptiques, des désinfectants, ainsi que dans les parfums et lotions. Convient aussi pour des solvants chimiques et certains procédés de distillation.
Éthanol industriel	(90-95%)	Utilisé principalement comme solvant dans les industries chimiques et pour la fabrication de nettoyants industriels. Il est également utilisé comme biocarburant et pour certains produits chimiques non destinés à la consommation humaine.
Éthanol	(70-90%	Utilisé principalement comme désinfectant et antiseptique. Il entre dans la composition des gels hydroalcooliques, des solutions désinfectantes pour les surfaces et les équipements médicaux.
Éthanol dilué	(moins de 70%)	Utilisé dans des applications spécifiques nécessitant une concentration plus faible, comme dans l'agroalimentaire (pour l'extraction d'arômes), ainsi que pour des produits de nettoyage ménager moins agressifs

[2] En effet, le projet aura des produits résiduels (déchets de dattes après fermentation) qui pourraient être revalorisés pour la fabrication d'aliments de bétail ou le compostage

Avant la commercialisation, l'éthanol peut subir une dénaturation qui consiste en l'ajout de certains additifs pour le rendre impropre à la consommation humaine. Cette dénaturation ne modifie pas les propriétés chimiques de l'éthanol, mais elle le rend non potable. L'objectif principal est d'éviter le détournement de l'éthanol pour la fabrication illégale de boissons alcoolisées.

Il existe plusieurs procédés pour la production d'éthanol à partir de matières premières riches en sucres, comme les déchets de dattes. Les deux principaux procédés envisageables pour ce projet sont la fermentation classique et la fermentation continue.

Fermentation classique par batch

Ce procédé consiste à utiliser des levures pour convertir les sucres contenus dans les dattes en éthanol. La fermentation est suivie d'une distillation qui permet de séparer l'éthanol des autres composants. Ce procédé est simple et bien adapté aux petites et moyennes unités de production, mais il nécessite plus de temps en termes de fabrication.

Fermentation continue

Ce procédé est plus avancé, car il permet un flux constant de production, où les matières premières sont continuellement ajoutées et traitées. La fermentation continue offre une meilleure productivité et une plus grande efficacité énergétique. Cependant, il nécessite des investissements plus importants en termes de technologie et de gestion.

Les deux procédés nécessitent également une phase de distillation et de purification pour obtenir un éthanol de haute pureté. Compte tenu des quantités visées dans ce projet et des contraintes techniques, le procédé visé sera la fermentation classique qui nécessite moins de moyens et est plus accessible en termes de technologie et de maîtrise du savoir-faire.

2.3. JUSTIFICATION DE L'OPPORTUNITÉ

Plusieurs éléments[3] justifient l'opportunité de ce projet de production d'éthanol en Tunisie, que nous présentons de manière synthétique ci-dessous :

1

Une moyenne d'importation de la Tunisie de 33 000 hl au cours des trois dernières années (~2 600 tonnes)

La Tunisie est actuellement dépendante des importations pour répondre à ses besoins en éthanol. En moyenne, le pays a importé environ 33 000 hectolitres par an sur les trois dernières années, soit environ 2 600 tonnes. Cette dépendance aux importations expose la Tunisie aux fluctuations des prix internationaux et à des vulnérabilités dans la chaîne d'approvisionnement. Le développement d'une capacité de production locale permettrait de réduire cette dépendance et de renforcer la souveraineté économique du pays dans ce domaine stratégique.

2

Un prix moyen d'importation en forte hausse, qui a quasiment doublé entre 2021 et 2023

Le marché mondial de l'éthanol a connu des hausses significatives de prix, en particulier entre 2021 et 2023, ce qui a fortement impacté le coût des importations pour la Tunisie. Cette tendance à la hausse reflète la demande croissante pour l'éthanol à des fins industrielles, pharmaceutiques et énergétiques. La production locale permettrait à la Tunisie de se protéger contre ces hausses des prix et d'offrir un produit compétitif à ses industries.

3

Un produit connaissant une forte demande sur le marché international avec des utilisations diverses : cosmétiques, pharmaceutiques, alimentaires…

L'éthanol est un produit aux multiples usages, notamment dans les secteurs pharmaceutiques, cosmétiques, et alimentaires. Sa demande mondiale continue de croître en raison de ses utilisations dans les désinfectants, les produits médicaux, les carburants verts (biocarburants) et de nombreux autres produits de consommation. La Tunisie, en développant une capacité locale de production, pourrait non seulement répondre à sa demande intérieure, mais également se positionner sur les marchés d'exportation où l'éthanol est très demandé.

[3] Ces éléments seront abordés avec plus de détails dans le chapitre suivant

4

Produit stratégique assujetti à des pics de la demande internationale et des ruptures d'approvisionnement (ex : crise du COVID-19)

La pandémie de COVID-19 a mis en lumière la fragilité des chaînes d'approvisionnement mondiales, notamment en ce qui concerne des produits stratégiques comme l'éthanol. Utilisé massivement dans les désinfectants et gels hydroalcooliques, la demande d'éthanol a explosé, entraînant des pénuries mondiales et des hausses de prix importantes. En Tunisie, l'absence de production locale a exacerbé cette situation, rendant le pays vulnérable à ces chocs. Ainsi, plusieurs activités industrielles ont connu des perturbations et certaines chaînes de production se sont complètement arrêtées à cause des ruptures dans l'approvisionnement d'éthanol. Le développement d'une production locale d'éthanol contribuerait à améliorer la résilience de la Tunisie face à de futures crises similaires.

5

Un gisement important exploitable d'écarts et de déchets de fruits et légumes, notamment les dattes.

La Tunisie dispose d'un potentiel important en termes de déchets agricoles, notamment les dattes dont **la production va dépasser les 400 000 T** très prochainement, qui peuvent être valorisés pour la production d'éthanol. Il faut noter que la production locale d'éthanol reste insignifiante avec une commercialisation assurée exclusivement par la Régie des alcools qui a le monopole d'importation

Ainsi, ce projet de production d'éthanol à partir des déchets de dattes présente donc des opportunités multiples pour la Tunisie, que ce soit pour réduire la dépendance aux importations, stabiliser les coûts, répondre à une demande croissante, ou encore valoriser les ressources locales.

3.Analyse du marché

3.1.SEGMENTATION DE LA DEMANDE

Le marché de l'éthanol peut être segmenté en plusieurs catégories, chacune correspondant à un ensemble d'utilisations spécifiques et à des clients aux besoins variés. Chaque segment présente des particularités en termes de qualité, de pureté, et de réglementation. Les principaux segments pourraient être définis comme suit :

Secteur pharmaceutique

L'éthanol est largement utilisé comme solvant dans la fabrication de médicaments, d'antiseptiques, de désinfectants et dans la formulation de produits médicaux comme les gels hydroalcooliques. Les spécificités de ce segment sont les suivantes :

- Pureté élevée requise (généralement 95% ou plus).
- Doit répondre aux normes strictes de qualité et de sécurité, telles que les normes GMP (Good Manufacturing Practices) et les pharmacopées.
- Demande stable et croissante, renforcée par des événements mondiaux comme la pandémie de COVID-19, qui ont augmenté l'usage des désinfectants à base d'éthanol.

Secteur cosmétique

L'éthanol entre dans la composition de nombreux produits cosmétiques comme les parfums, les lotions, les après-rasages, et les déodorants pour ses propriétés dissolvantes et antibactériennes. L'absence d'odeur caractéristique de l'éthanol le rend idéal pour les parfums et d'autres produits cosmétiques. Cette **"neutralité olfactive"** permet à l'éthanol de ne pas interférer avec les arômes ou les fragrances dans lesquels il est utilisé, ce qui en fait un solvant de choix dans la formulation de parfums et d'autres produits parfumés. Les spécificités de ce segment sont les suivantes :

- Le degré de pureté requis est souvent légèrement inférieur à celui du secteur pharmaceutique (environ 90-95%).
- Les additifs ou agents dénaturants sont couramment utilisés dans ce segment pour rendre l'alcool non potable, tout en préservant ses propriétés fonctionnelles.
- La réglementation varie selon les marchés d'exportation (normes européennes, américaines, etc.), notamment en ce qui concerne les substances dénaturantes.
- Les perspectives de la demande sont relativement stables malgré la tendance vers des cosmétiques sans alcool dans certaines utilisations

Secteur agroalimentaire

L'éthanol est utilisé dans l'extraction d'arômes naturels, la fabrication de certains types d'extraits alimentaires (comme la vanille), ainsi que dans des boissons alcoolisées sous forme d'alcool neutre. Les spécificités de ce segment sont les suivantes :

- La qualité alimentaire est primordiale, nécessitant un éthanol sans additifs ni dénaturants, conforme aux réglementations alimentaires (par exemple, la FDA aux États-Unis ou l'EFSA en Europe).
- Le segment est soumis à des taxes et réglementations strictes, notamment en ce qui concerne les boissons alcoolisées.
- Demande saisonnière dans certains sous-segments (extraction d'arômes, préparation d'extraits).

Biocarburants

L'éthanol est utilisé comme biocarburant, soit en mélange avec de l'essence, soit sous forme pure dans certains véhicules à carburant flexible. Les spécificités de ce segment sont les suivantes :

- Pureté moins élevée que dans les autres segments (généralement entre 70 et 95%), mais volume de production très important.
- Réglementations axées sur les normes environnementales et sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre.
- Demande sensible aux politiques énergétiques locales et aux prix des carburants fossiles.

Compte tenu des quantités visées, ce segment ne constitue pas une cible à moyen terme pour le projet faisant l'objet de cette fiche.

Industrie chimique

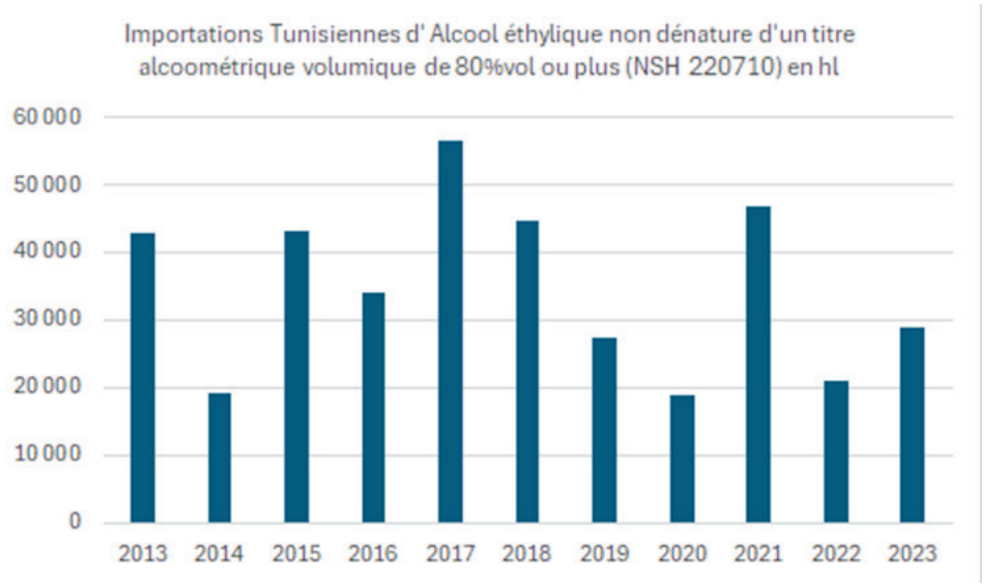
L'éthanol est utilisé comme solvant industriel pour la production de produits chimiques, de peintures, de vernis et de solvants. Les spécificités de ce segment sont les suivantes :

- La pureté de l'éthanol peut varier en fonction de l'application (généralement entre 70 et 95%).
- L'éthanol dénaturé est souvent utilisé pour éviter les taxes liées à la consommation d'alcool et/ou le détournement vers des utilisations illicites.
- D'autres alcools peuvent se substituer à l'éthanol dans plusieurs utilisations

3.2.MARCHÉ LOCAL

3.2.1 L'offre d'éthanol sur le marché local

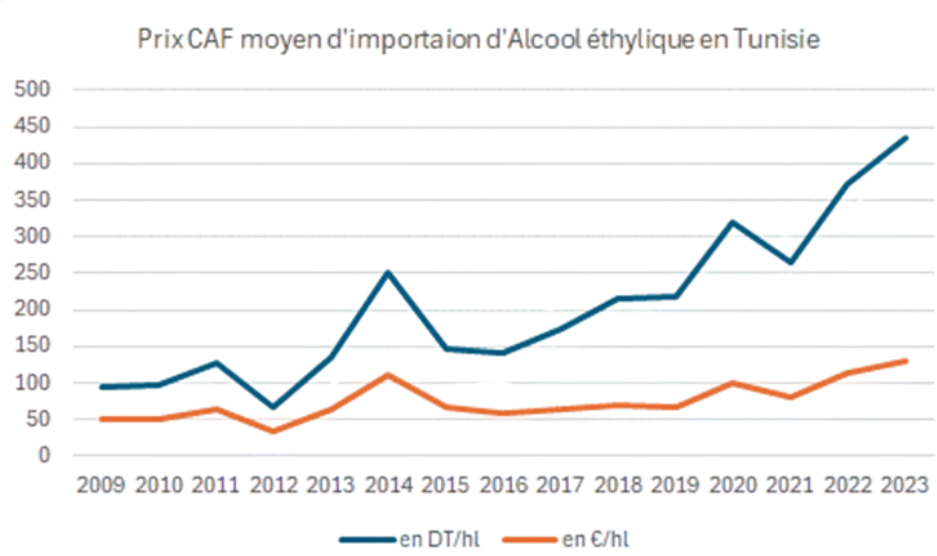
Historiquement, la fabrication d'alcool en Tunisie était assurée par la Régie des Alcools à partir de mélasse de sucre et de lies de vin. Cependant, depuis 1996, avec l'arrêt du Complexe Sucrier de Tunisie (CST), l'activité de la Régie s'est limitée à la distillation des lies de vin. Cette activité a également cessé en 2001, et depuis, la Régie se consacre uniquement à la rectification d'alcool importé. Il faut noter que la Régie conserve toujours le monopole de l'importation et de la distribution d'éthanol en Tunisie. Ainsi, les besoins du marché local en éthanol sont quasi exclusivement couverts par les importations assurées par la Régie. Ces importations ont évolué comme suit depuis 1999.



Source : INS

Ces importations ont été très fluctuantes en raison de plusieurs facteurs : stocks disponibles chez la Régie, planification des appels d'offres et disponibilités sur le marché international. La moyenne d'importation entre 2013 et 2023 s'est située à environ 35 000 hl.

Les prix d'importation en Tunisie suivent une tendance globalement haussière accentuée parfois par les tensions sur le marché international de l'éthanol sous l'effet de la hausse de la demande (Biodiesel, COVID-19) et/ou la baisse de l'offre. Cette tendance haussière a été aggravée en Tunisie par la baisse du taux de change du dinar.



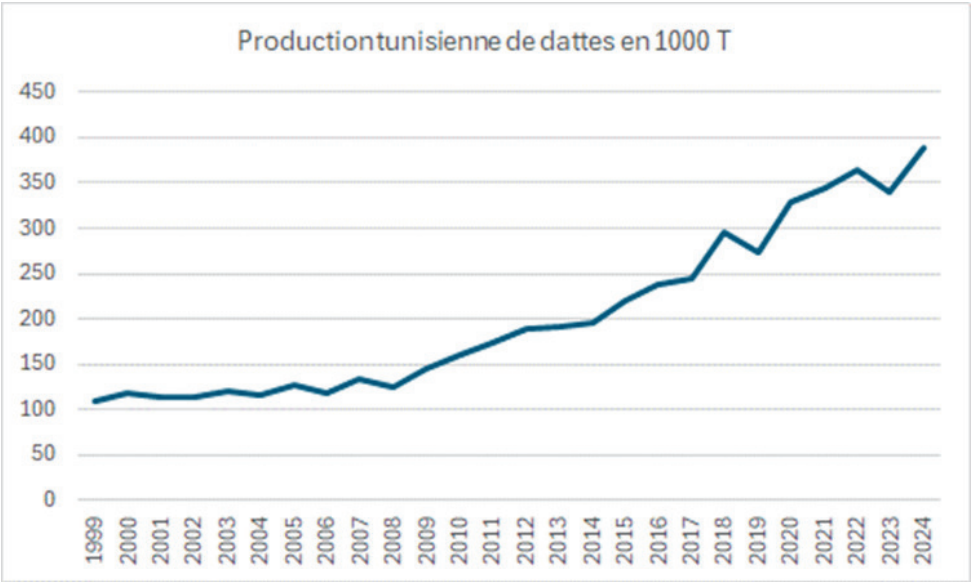
Source : Calcul sur la base des données INS et BCT (taux de change)

En juin 2024, selon les résultats de l'appel d'offres lancé par la Régie, les prix d'importation ont été comme suit :

- Ethanol Absolu : 112 €/hl
- Ethanol Surfin : 93,5 €/hl

3.2.2 Potentiel de déchets et écarts de dattes

La production tunisienne de dattes enregistre une hausse continue depuis plusieurs années sous l'effet des extensions « illicites ». En effet, depuis 2009, la production des dattes augmente annuellement de près de 7%.



Source : Données GID et MARHP

L'exportation constitue le principal marché avec environ 130 000 T par an. La consommation locale reste relativement faible et ne dépasse pas dans les meilleures estimations les 50 000 T par an. Cela donnerait lieu à un gisement global de déchets de dattes et d'écarts qui avoisinerait les 200 000 T. Si l'on considère que seulement 50% de ce gisement est récupérable, cela représente un potentiel d'environ 100 000 T de dattes et d'écarts qui pourraient être ciblé pour la production d'éthanol. Cette estimation grossière montre que les quantités disponibles suffisent largement pour alimenter une unité de production d'éthanol (voir plus loin).

Pour la production d'alcool, la qualité des dattes à cibler concernent les catégories non valorisables pour la consommation humaine (dattes infestées, dattes fermentées, déchets de triage,…) qui pourraient être générées au niveau des étapes suivantes :

- La campagne de collecte (producteurs et collecteurs)
- La collecte et le stockage (collecteurs, intermédiaires, grossistes, unités de conditionnement,…)
- Le conditionnement et la transformation (unités de conditionnement, unités de transformation,…)

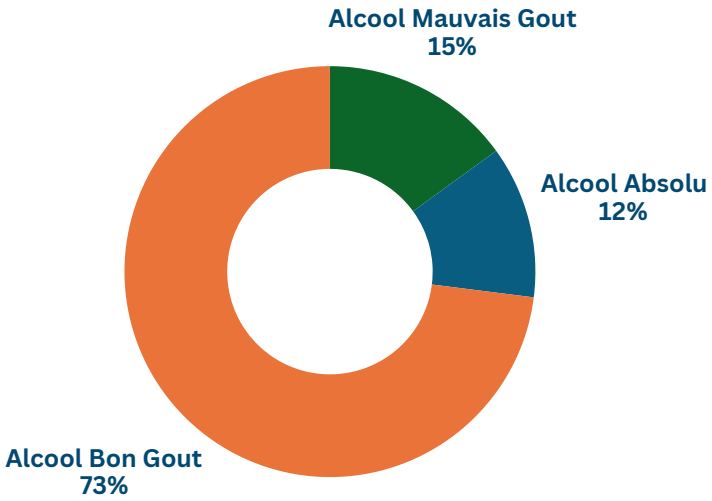
Les prix de cession de ces qualités sont très bas et, dans plusieurs cas, elles sont cédées gratuitement et considérées comme des déchets. Néanmoins, des accords sont à établir avec les principales unités génératrices de ces déchets pour sécuriser les approvisionnements de l'unité de production d'alcool et un coût et une organisation logistiques sont à considérer pour collecter les quantités nécessaires.

A cet effet, le choix de la zone d'implantation du projet est crucial pour optimiser les coûts logistiques d'approvisionnement. Etant la principale zone de production des dattes et un pôle de conditionnement aussi, le Sud-Ouest est le choix le plus judicieux pour une telle unité.

3.2.3 Demande locale

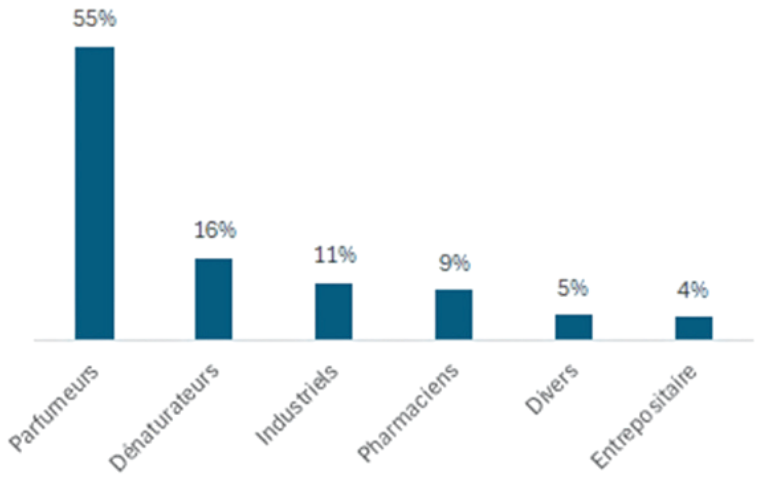
Comme indiqué précédemment, le marché local est approvisionné exclusivement à travers les importations avec un monopole de distribution de la Régie des Alcools. Ainsi, les ventes de la Régie reflètent la taille de la demande locale qui se situe en moyenne à près de 40 000 hl/an[4]. Cette demande se répartit par produit comme suit :

Sur la base de la moyenne des ventes de la Régie sur la période 2016-2019



Source : Données Régie des Alcools

Les parfumeurs et fabricants de produits cosmétiques accaparent la plus grande part du marché avec près de 55%. Les industriels (pharmaceutiques, agroalimentaires, autres industries chimiques,…) représentent 11% suivis par les pharmacies avec 9% des ventes. Ces trois catégories sont desservies directement par la Régie. Près de 16% des ventes passent par des dénaturateurs agréés qui altèrent le goût de l'alcool avant de le mettre sur le marché.

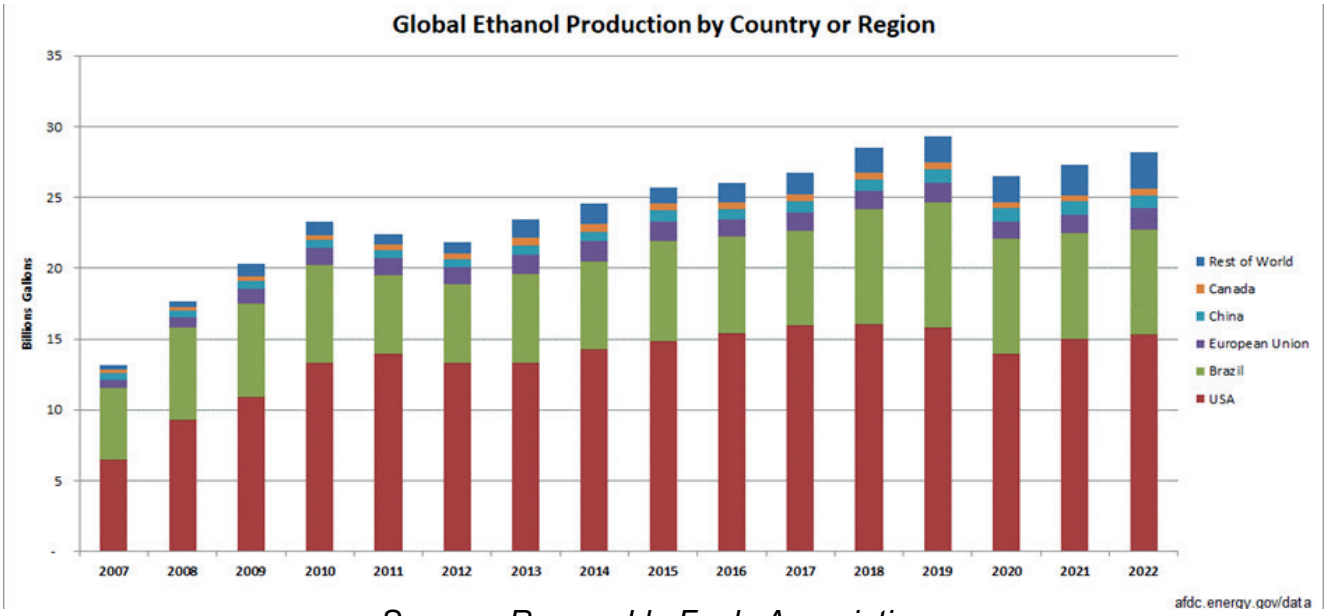


Source : Données Régie des Alcools

[4] Sur la base de la moyenne des ventes de la Régie sur la période 2016-2019

3.3.MARCHÉ INTERNATIONAL

La production mondiale d'éthanol enregistre une forte croissance depuis plusieurs années, stimulée notamment par la demande dans le secteur des biocarburants. Selon les données disponibles, la production mondiale d'éthanol a plus que doublé entre 2007 et 2019 pour atteindre près de 28,2 Milliards de Galons soit environ 1,02 Milliards de hl. L'année 2020 a enregistré une baisse de la production sous l'effet de la pandémie de COVID-19 avant de reprendre les années suivantes.

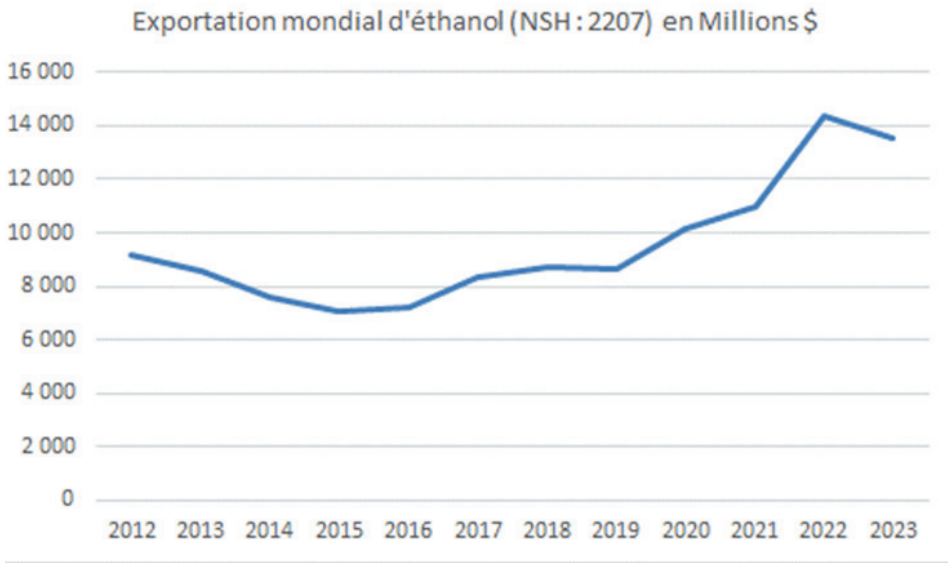


Source : Renewable Fuels Association

Les principaux pays producteurs d'éthanol sont les États-Unis, le Brésil, l'Union Européenne, la Chine et l'Inde, représentant à eux seuls plus de 85 % de la production mondiale. Aux États-Unis, l'éthanol est principalement produit à partir de maïs, tandis qu'au Brésil, la canne à sucre est la principale matière première. En Europe, l'éthanol est produit à partir de blé, de betteraves sucrières et d'autres céréales, tandis qu'en Chine et en Inde, le sorgho, le maïs, et les résidus agricoles sont couramment utilisés.

La répartition de l'utilisation de l'éthanol montre que le secteur des biocarburants demeure le principal débouché, absorbant environ 60 % de la production mondiale, principalement sous forme de carburant pour véhicules. Les industries chimiques et pharmaceutiques représentent environ 20 % de la consommation globale, utilisant l'éthanol comme solvant ou agent désinfectant. Le secteur des boissons alcoolisées et les applications alimentaires utilisent environ 10 % de l'éthanol produit, tandis que les 10 % restants sont utilisés dans les industries cosmétiques et d'autres applications spécifiques. Cette diversification des utilisations, couplée à des politiques favorables aux énergies renouvelables, continue de soutenir la croissance de la production mondiale d'éthanol.

Les exportations mondiales d'éthanol ont enregistré une forte hausse notamment entre 2019 et 2022 sous l'effet de l'augmentation des prix induite par la demande additionnelle générée par la crise du COVID 19 et la baisse de la production mondiale (voir § précédent). En effet, la conjugaison de ces deux facteurs a créé une forte tension sur le marché mondial de l'éthanol qui s'est traduite par une augmentation significative des prix. Les principaux pays exportateurs en valeur sont les USA (29%), les Pays-Bas (15%) et le Brésil (12%).



Source : Trademap

3.4 LES PERSPECTIVES DE LA DEMANDE

3.4.1 Les perspectives sur le marché international

Le marché mondial de l'éthanol a montré une croissance soutenue au cours de la dernière décennie et devrait continuer sur cette trajectoire ascendante pour les prochaines années. La production mondiale en 2024 a été estimée à 130 milliards de litres. Les projections pour 2030 indiquent une demande mondiale dépassant les 150 milliards de litres, soit une augmentation significative stimulée par plusieurs facteurs clés.

Les principales raisons de cette tendance haussière incluent l'adoption accrue des biocarburants, en particulier dans les grandes économies comme les États-Unis et le Brésil, qui utilisent l'éthanol comme substitut partiel à l'essence. La demande en éthanol dans ces pays est principalement alimentée par des politiques énergétiques favorisant les énergies renouvelables et la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Les biocarburants représentent environ 60 % de la consommation mondiale d'éthanol, avec des perspectives de croissance particulièrement fortes aux USA, en Asie et en Europe, où les réglementations sur les carburants deviennent de plus en plus strictes.

En outre, la demande en éthanol ne se limite pas aux carburants. Environ 20 % de la production mondiale est utilisée dans les secteurs pharmaceutiques et cosmétiques comme solvant et désinfectant, un usage qui a été renforcé par la pandémie de COVID-19. Les industries chimiques utilisent également l'éthanol pour la production de solvants industriels et de produits nettoyants, représentant environ 10 % de la demande. Enfin, le secteur des boissons alcoolisées et des produits alimentaires consomme environ 10 % de l'éthanol produit à l'échelle mondiale.

Les perspectives pour les prochaines années indiquent que la demande en éthanol continuera de croître, soutenue par les politiques énergétiques et les innovations dans le domaine des carburants alternatifs.

Les prévisions issues des rapports de l'International Energy Agency (IEA) et de l'Alternative Fuels Data Center (AFDC) confirment cette tendance, anticipant une augmentation continue de la production et de la consommation mondiale d'éthanol, en réponse à une demande croissante pour des solutions énergétiques durables et des produits chimiques respectueux de l'environnement.

Ces dynamiques renforcent l'importance stratégique de l'éthanol sur le marché mondial, offrant des opportunités significatives pour les pays qui investissent dans la production locale, comme la Tunisie, où la création d'une unité de production pourrait contribuer à substituer les importations et à sécuriser les approvisionnements pour répondre aux besoins croissants des secteurs industriels et pharmaceutiques.

3.4.2 Les perspectives et les enjeux du marché local

La création d'une unité de production d'éthanol en Tunisie vise principalement à **substituer les importations actuelles et à sécuriser les approvisionnements en ce produit stratégique.** Actuellement, la Tunisie dépend entièrement des importations pour répondre à sa demande intérieure en éthanol, ce qui expose le pays aux fluctuations des prix internationaux et aux perturbations des chaînes d'approvisionnement, comme cela a été observé lors de la crise du COVID-19. En valorisant les déchets de dattes, abondants dans le pays, cette unité de production permettrait de transformer une ressource sous-utilisée en un produit à forte valeur ajoutée, tout en renforçant l'autosuffisance nationale. Ce projet s'inscrit donc aussi dans **une logique d'économie circulaire**, contribuant à une gestion plus durable des ressources agricoles locales.

La demande d'éthanol en Tunisie devrait continuer de se consolider dans les années à venir, soutenue par la croissance des secteurs cosmétiques, pharmaceutiques et industriels. Dans le secteur des cosmétiques qui représente près de 55% du marché local de l'éthanol, la demande devrait continuer à augmenter sous l'effet de la consommation locale et de l'exportation vers certains marchés limitrophes et subsahariens. Cette croissance devrait se situer entre 8% et 12% par an d'ici 2030[5]. De même, la demande dans le secteur pharmaceutique devrait se consolider dans les années à venir compte tenu de la croissance de la production des médicaments et des solutions de désinfection et d'hygiène. Tous ces facteurs créent un environnement propice pour stimuler la demande locale de l'éthanol.

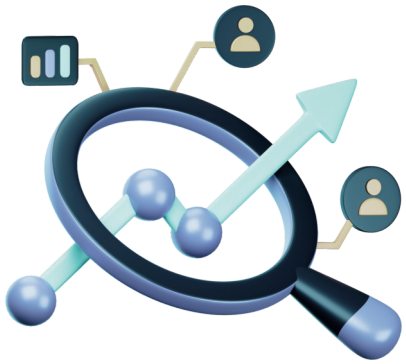
Ainsi, la production locale d'éthanol ne s'inscrit pas uniquement dans une perspective de substitution des importations et de sécurisation des approvisionnements, mais répond également à un objectif d'augmentation de la valeur ajoutée et de soutien au développement industriel du pays.

3.5 STRATÉGIE MARKETING

La stratégie marketing du projet pourrait être structurée ainsi :

3.5.1 Marché et utilisations cibles

Contrairement à d'autres projets de production d'éthanol à grande échelle, l'unité en Tunisie ne cible pas le marché de l'exportation ni celui des biocarburants, où les quantités nécessaires sont considérablement plus élevées et les investissements bien plus lourds. Le projet se concentre plutôt sur la satisfaction des besoins locaux, avec une orientation vers des segments de marché à haute valeur ajoutée tels que les industries cosmétiques, pharmaceutiques et chimiques. Ces secteurs nécessitent des volumes d'éthanol relativement modestes mais de haute qualité, offrant une meilleure marge et réduisant les risques liés aux fluctuations de la demande mondiale. Cette stratégie permet à la Tunisie de mieux répondre aux spécificités de son marché intérieur, sans subir les pressions de la concurrence internationale.



[5] Source : Etude de positionnement stratégique du secteur des produits cosmétiques, d'hygiène corporelle et de parfumerie en Tunisie (CTC-2021).

3.5.2 Politique de prix

La politique de prix à adopter pour le projet de production d'éthanol en Tunisie doit être soigneusement calibrée pour répondre à plusieurs objectifs stratégiques tout en restant compétitive et juste pour les utilisateurs locaux.
Actuellement, le marché tunisien de l'éthanol est protégé par le monopole de la Régie des Alcools, qui détient l'exclusivité de l'importation et de la distribution de l'éthanol sur le territoire national.
Ce monopole repose sur une assise légale solide et se justifie par des considérations stratégiques telles que la sécurisation des approvisionnements du pays, la gestion des impacts environnementaux, et le contrôle de l'utilisation pour lutter contre les usages illicites, comme la fabrication non contrôlée de boissons alcoolisées.

Toutefois, la protection du marché ne doit pas conduire à une politique de prix qui pénalise les industriels locaux, qui dépendent de l'éthanol pour diverses applications dans les secteurs pharmaceutique, cosmétique, et industriel. La fixation des prix doit donc viser à être alignée sur les prix internationaux pour éviter de créer un désavantage concurrentiel pour les entreprises tunisiennes par rapport à leurs homologues à l'international.

En adoptant une politique de prix compétitive, le projet pourrait encourager l'utilisation locale d'éthanol tout en stimulant l'activité économique dans les secteurs utilisateurs.

Le prix de l'éthanol produit localement devrait être défini en tenant compte des coûts de production, tout en intégrant une marge raisonnable qui reflète les conditions du marché international.
Cela permettrait d'offrir aux industriels tunisiens un accès à un éthanol de qualité à des prix comparables à ceux du marché mondial, évitant ainsi toute surcharge excessive liée aux coûts d'importation.
En ciblant des prix alignés sur le marché international, le projet contribuerait également à maintenir un équilibre entre l'offre et la demande sur le marché local, renforçant ainsi la sécurité des approvisionnements tout en soutenant le développement des industries tunisiennes.

3.5.3 Partenariats clefs et distribution

Le projet de fabrication locale d'éthanol en Tunisie doit impérativement s'inscrire dans le cadre d'un **partenariat stratégique entre le promoteur privé et la Régie des Alcools,** qui détient le monopole de distribution de l'éthanol dans le pays (voir chapitre sur la réglementation). Ce partenariat permettrait de capitaliser sur l'expertise et l'infrastructure existantes de la Régie tout en bénéficiant des investissements et des innovations apportés par le promoteur privé. Plusieurs formes de partenariat peuvent être envisagées pour assurer la réussite du projet :

1 **Partenariat Public-Privé (PPP)** conformément à la réglementation tunisienne en vigueur :

Dans ce modèle, le promoteur privé et la Régie collaboreraient dans un cadre réglementé, où le promoteur investit dans la construction et l'exploitation de l'unité de production, tandis que la Régie assure la distribution et la commercialisation de l'éthanol produit. Ce partenariat permettrait de partager les risques financiers et d'aligner les intérêts des deux parties pour garantir la sécurité des approvisionnements.

2 **Joint-venture**

Une co-entreprise pourrait être créée entre le promoteur privé et la Régie des Alcools, où les deux parties détiennent des parts dans la société de production. Ce modèle favoriserait une gestion conjointe et équilibrée de l'exploitation, combinant les forces de chaque partenaire pour optimiser la production et la distribution.

3 **Contrat de sous-traitance ou d'exclusivité à long terme**

Le promoteur pourrait produire l'éthanol localement sous contrat de sous-traitance avec la Régie des Alcools, qui resterait le distributeur exclusif du produit sur le marché tunisien. Ce type de contrat garantirait un marché sécurisé pour le promoteur tout en maintenant le monopole de distribution par la Régie.

Par ailleurs, pour assurer la viabilité et la pérennité du projet, il est essentiel d'établir des **partenariats stratégiques avec les principaux générateurs de ces déchets**, tels que les centres de collecte, les unités de conditionnement et les producteurs de dattes. Ces partenariats permettront de sécuriser un approvisionnement régulier et suffisant en matières premières nécessaires à la production d'éthanol, tout en offrant une solution de valorisation des déchets aux producteurs de dattes. En intégrant ces acteurs locaux dans la chaîne d'approvisionnement, le projet bénéficie non seulement d'une matière première abondante à un coût compétitif, mais contribue également à résoudre le problème de gestion des déchets agricoles en Tunisie. Des **contrats d'approvisionnement à long terme** ou des accords de fourniture en échange d'une compensation juste pour les déchets collectés peuvent être mis en place pour garantir une relation stable et mutuellement bénéfique. De plus, ces partenariats renforceront la dimension locale et durable du projet, en intégrant les producteurs dans un modèle économique circulaire et en créant des synergies entre les différents acteurs de la filière dattière.

4.Composantes techniques du projet

4.1 PROCESS ET BESOINS EN ÉQUIPEMENTS

Le processus de fabrication d'éthanol à partir des déchets de dattes repose sur une série d'étapes techniques visant à extraire et à convertir les sucres contenus dans les dattes en éthanol pur. Cette transformation repose sur des procédés biologiques et chimiques décrits ci-après.

01 Préparation et broyage des déchets de dattes

La première étape consiste à collecter et à préparer les déchets de dattes, incluant les fruits non conformes, les écarts de triage, et les sous-produits de la transformation des dattes. Ces matières premières sont nettoyées pour éliminer les impuretés solides telles que le sable, les pierres, et les résidus végétaux. Une fois les dattes nettoyées, elles sont broyées en une pulpe fine afin de libérer les sucres présents dans la chair des fruits, facilitant ainsi les étapes suivantes du processus. Le broyage optimise la surface de contact pour les enzymes lors de l'hydrolyse, améliorant ainsi l'efficacité de la conversion des sucres.

02 1.Hydrolyse enzymatique

L'étape d'hydrolyse consiste à décomposer les polysaccharides présents dans les dattes en sucres simples, principalement du glucose et du fructose, qui seront fermentés pour produire de l'éthanol. Cette hydrolyse est réalisée à l'aide d'enzymes spécifiques qui catalysent la conversion des sucres complexes en formes plus simples, facilement fermentables. L'utilisation d'enzymes permet d'améliorer le rendement du processus tout en limitant la formation de sous-produits indésirables.

03 Fermentation des sucres en éthanol

Après hydrolyse, la pulpe de dattes est transférée dans des fermenteurs, où des levures spécifiques sont ajoutées pour transformer les sucres en éthanol. La fermentation est une réaction biologique au cours de laquelle les levures consomment les sucres et produisent de l'éthanol et du dioxyde de carbone. Cette étape est réalisée dans des conditions contrôlées de température et de pH pour maximiser le rendement et la qualité de l'éthanol produit. La durée de la fermentation (Discontinue par batch) varie généralement entre 24 et 48 heures, selon la concentration en sucres et l'efficacité des levures utilisées.

04 Distillation pour purifier l'éthanol

Une fois la fermentation achevée, le mélange fermenté contient de l'éthanol, de l'eau, et d'autres composés volatils. La distillation est alors employée pour séparer l'éthanol de l'eau et des autres composants. Cette étape repose sur le principe de la différence de points d'ébullition, l'éthanol étant vaporisé et ensuite condensé pour obtenir un produit pur. La distillation permet d'atteindre une concentration d'éthanol de 95 à 96 %, qui peut être ensuite déshydratée pour produire de l'éthanol absolu (99 % et plus) si nécessaire.

05 Déshydratation et purification finale

Pour obtenir de l'éthanol absolu, le produit distillé doit subir une déshydratation supplémentaire pour éliminer l'eau résiduelle. Cette étape est souvent réalisée par adsorption sur des tamis moléculaires ou par distillation azéotropique[6]. La purification finale garantit que l'éthanol atteint les spécifications requises pour ses diverses applications industrielles, notamment dans les secteurs pharmaceutiques, cosmétiques, et alimentaires.

06 Conditionnement et stockage

L'éthanol purifié (absolu ou surfin) est ensuite conditionné dans des réservoirs de stockage appropriés, conçus pour éviter toute contamination et assurer la stabilité du produit. Les réservoirs sont généralement en acier inoxydable et dotés de dispositifs de sécurité pour prévenir les fuites et les pertes par évaporation. Le stockage de l'éthanol doit être réalisé dans des conditions strictes de sécurité, compte tenu de sa volatilité et de sa nature inflammable.

Pour une capacité de production annuelle de 40 000 hl d'éthanol, les principaux équipements à prévoir sont les suivants :

EQUIPEMENT	BESOINS ET CARACTÉRISTIQUES
Broyeurs	2 ou 3 broyeurs avec une capacité journalière de 100 à 150 T de dattes
Réacteurs d'hydrolyse enzymatique	Au moins 2 réacteurs de 50 m3 chacun Matériau : acier inoxydable avec isolation thermique pour contrôler la température.
Fermenteurs	3 ou 4 fermenteurs de 100 m^3 chacun Matériau : Acier inoxydable avec contrôle de température intégré pour optimiser la fermentation.
Colonne de distillation	Une colonne avec une capacité de 5 000 litres/heure Matériau : Acier inoxydable avec plusieurs plateaux pour optimiser la séparation des composants volatils
Réservoirs de stockage	Une capacité globale de 2 000 m^3 (4 réservoirs de 500 m^3) : permettant de gérer la saisonnalité de la production Matériaux : Acier inoxydable avec systèmes de sécurité contre les incendies
Systèmes auxiliaires	• Tapis de réception et système et station de nettoyage : Réception des dattes, nettoyage et alimentation de l'usine. • Pompes et tuyauteries : Pour le transfert des liquides entre les différentes étapes du processus. • Systèmes de contrôle de température et de pH : Pour maintenir des conditions optimales dans les réacteurs et fermenteurs. • Systèmes de sécurité et de contrôle des émissions : Pour gérer les rejets gazeux et assurer la conformité aux normes environnementales. • Système de filtration et de récupération d'eau

[6] Voir plus d'explications sur ces deux options en annexes

4.2. ACTIVITÉS CLEFS

Outre les étapes techniques du procédé décrites précédemment, le promoteur doit prévoir les dispositions nécessaires pour maitriser certaines fonctions clefs capitales pour la réussite du projet dont notamment :

4.2.1 Approvisionnement en déchets de dattes

La maîtrise de l'approvisionnement en déchets de dattes est essentielle pour garantir la continuité et la rentabilité du projet de production d'éthanol. Les déchets de dattes, incluant les fruits non conformes, les écarts de triage et les sous-produits des unités de conditionnement, constituent la matière première principale du processus. Pour sécuriser cet approvisionnement, il est crucial d'établir des partenariats solides avec les producteurs de dattes, les centres de collecte, et les unités de conditionnement.

Ces partenariats peuvent être formalisés par des contrats d'approvisionnement à long terme qui définissent les volumes, les qualités attendues, et les modalités de livraison. En outre, il est important de mettre en place des stratégies de gestion des stocks et de logistique pour s'adapter aux variations saisonnières de la production de dattes. Une gestion efficace de l'approvisionnement permettra de réduire les coûts des matières premières et d'assurer une stabilité des opérations.

4.2.2 Maîtrise du procédé et des conditions de fabrication

La maîtrise du procédé de fabrication est un levier essentiel pour maximiser l'efficacité et la qualité de la production d'éthanol. Ce processus inclut des étapes critiques telles que la préparation des dattes, l'hydrolyse enzymatique, la fermentation, la distillation, et la purification finale. Chaque étape doit être rigoureusement contrôlée pour optimiser les rendements et minimiser les pertes. Il est essentiel de surveiller **les paramètres clés comme la température, le pH, le temps de réaction, et la concentration en sucres afin d'assurer une conversion optimale des matières premières en éthanol.**

La mise en place de protocoles standardisés et l'utilisation de technologies avancées pour le contrôle des procédés, telles que des capteurs en ligne et des systèmes automatisés, permettront d'assurer un suivi en temps réel ainsi qu'une production stable et de qualité. La formation continue du personnel sur les meilleures pratiques et les innovations dans le domaine est également cruciale pour maintenir une maîtrise des conditions de fabrication. L'équipe de production doit impérativement inclure des profils de chimistes en mesure de gérer tous ces paramètres et d'encadrer le personnel technique.

4.2.3 Traitement et réutilisation des effluents liquides

Le traitement et la réutilisation des effluents liquides générés par la production d'éthanol sont des enjeux majeurs pour la durabilité environnementale du projet. Les effluents, principalement issus de la distillation et de la purification, contiennent des composés organiques et minéraux qui nécessitent un traitement spécifique avant rejet ou réutilisation. La mise en place d'une station de traitement des eaux usées équipée de technologies comme l'ultrafiltration, la digestion anaérobie ou la bio-remédiation est indispensable pour réduire l'impact environnemental et se conformer aux réglementations en vigueur.

En outre, la réutilisation des eaux traitées dans le processus de production, par exemple pour le lavage des matières premières ou le refroidissement des équipements, permet de réduire la consommation d'eau fraîche et d'améliorer l'efficacité globale de l'usine. Une gestion efficace des effluents contribue non seulement à la durabilité du projet, mais aussi à la réduction des coûts liés à l'approvisionnement en eau et à la gestion des rejets.

4.2.4 Sécurité (conditions de stockage, livraison de matières inflammables, manipulation)

La sécurité est une priorité absolue dans la production d'éthanol, en raison de la nature inflammable et volatile du produit. Des mesures de sécurité rigoureuses doivent être mises en place pour minimiser les risques liés à la manipulation, au stockage, et à la distribution de l'éthanol. Les réservoirs de stockage doivent être conçus pour prévenir les fuites et les explosions, avec des systèmes de ventilation, de détection de gaz, et de protection contre les incendies. Les zones de stockage doivent être équipées de dispositifs anti-incendie tels que des extincteurs, des systèmes d'extinction automatique, et des barrières de sécurité pour isoler les produits inflammables.

La manipulation de l'éthanol, que ce soit lors des opérations de production ou de livraison, doit être encadrée par des protocoles stricts et une formation spécifique des opérateurs pour minimiser les risques d'accidents. De plus, la livraison de l'éthanol doit être réalisée par des transporteurs certifiés et équipés pour le transport de matières dangereuses, en respectant les réglementations locales et internationales en matière de sécurité. Une gestion proactive de la sécurité permet non seulement de protéger les travailleurs et les installations, mais aussi d'assurer la continuité des opérations en évitant les incidents susceptibles de perturber la production.

4.3. INTRANTS ET MATIÈRES PREMIÈRES

Outre les déchets de dattes qui constituent la matière première principale, le procédé de production de l'éthanol doit prévoir d'autres intrants essentiels dont notamment :

EAU

L'eau est utilisée tout au long du processus de fabrication, notamment pour préparer la pulpe de dattes, diluer les enzymes, et nettoyer les équipements. Elle est également nécessaire lors de la fermentation pour maintenir une consistance adéquate du milieu de réaction. L'eau doit être exempte de contaminants susceptibles de nuire à la fermentation (métaux lourds, micro-organismes). Un pH neutre (environ 7) est généralement requis pour éviter toute interférence avec les processus enzymatiques et fermentaires.

LEVURES

Les levures sont les micro-organismes responsables de la fermentation des sucres en éthanol. Elles consomment les sucres présents dans les dattes et produisent de l'éthanol et du dioxyde de carbone. La Saccharomyces cerevisiae est la levure la plus couramment utilisée en raison de son efficacité fermentaire et de sa tolérance à l'éthanol (jusqu'à 18%). La température de fermentation doit généralement être comprise entre 30 et 35°C pour optimiser le rendement.

ENZYMES (AMYLASES ET CELLULASES)

Les enzymes sont utilisées pour décomposer les polysaccharides présents dans les dattes en sucres simples fermentescibles (glucose et fructose). Les enzymes doivent être stables dans une plage de pH (4-6) et de températures (50-60°C) pour donner le maximum de rendement.

NUTRIMENTS ET SELS MINÉRAUX

Ils sont ajoutés au milieu de fermentation pour soutenir la croissance et l'activité des levures. Les nutriments courants incluent des sources d'azote, de phosphore, et des oligo-éléments.

ANTIMICROBIENS

Leur rôle est de prévenir la contamination par des bactéries ou des levures indésirables qui peuvent concurrencer les levures de fermentation et réduire le rendement en éthanol.

ÉNERGIE (ÉLECTRICITÉ ET CHALEUR)

L'énergie est indispensable pour faire fonctionner les équipements de broyage, de distillation, et de purification, ainsi que pour maintenir les conditions de température requises dans les réacteurs et fermenteurs.

4.4. BESOINS EN RESSOURCES HUMAINES

Le bon fonctionnement d'une unité de fabrication d'éthanol requiert un effectif de base d'environ une cinquantaine de personnes qui pourrait se répartir ainsi :

NIVEAU	NOMBRE	DÉTAILS
Cadre	7	• Directeur • Responsable de Production • Responsable Approvisionnement • Responsable commercial • Responsable Administratif et financier • Responsable Qualité • Responsable Maintenance
Technicien et maitrise	11	• Superviseurs de ligne de production : 3 • Technicien de laboratoire : 1 • Techniciens en maintenance : 2 • Technicien en sécurité : 1 • Gestionnaire de stock : 1 • Approvisionnement Dattes : 1 • Administratifs : 2
Exécution	31	• Opérateurs de production : 15 • Conducteurs de machine : 5 • Manutentionnaires : 3 • Agents de réception et de livraison : 2 • Agents de nettoyage et de sécurité : 3 • Gardiennage et divers : 3

Comme indiqué précédemment, des compétences clefs sont à prévoir au niveau de certaines fonctions stratégiques comme l'approvisionnement en dattes, la maitrise du procédé de fabrication et la sécurité.

4.5. INNOVATION ET DIGITALISATION

La fabrication de l'éthanol se base sur un procédé classique bien maitrisé depuis longtemps. Néanmoins, plusieurs améliorations sont en train d'être accumulées pour mieux maitriser le processus, augmenter les rendements et réduire l'impact environnemental d'un tel projet. Parmi ces solutions technologiques, il y a lieu de noter notamment :

Automatisation du contrôle des process

L'automatisation des process via des automates programmables (PLC) et des systèmes de contrôle et d'acquisition de données (SCADA) permet de surveiller en temps réel les paramètres critiques de production tels que la température, le pH, et les niveaux de fermentation. Ces solutions sont associées à **des capteurs IoT** qui peuvent être déployés pour surveiller ces paramètres en temps réel.

Utilisation de réacteurs et de fermentateurs intelligents

La maîtrise de la température et des concentrations en éthanol, sucre et intrants (levure,, enzyme,…) est un facteur essentiel pour la performance du process. Des réacteurs intelligents équipés de capteurs avancés et de systèmes de dosage et d'ajustement de la température sont utilisés pour maitriser cet aspect.

Mise en place de systèmes de traitement des effluents performants

Ces systèmes pourraient combiner des procédés classiques de traitement des eaux avec des technologies avancées telles que l'ultrafiltration, la nanofiltration et les systèmes de traitement biologique. Cela permet d'assurer un traitement plus efficace des effluents permettant leur réutilisation dans le process.

Utilisation du photovoltaïque pour la production d'énergie

Cela permettrait de produire sur site une partie des besoins énergétiques du projet à travers une source renouvelable et propre réduisant ainsi l'empreinte écologique de l'unité.

5.Réglementation, durabilité et certifications

5.1 RÉGLEMENTATION SPÉCIFIQUE DE LA COMMERCIALISATION ET DE L'UTILISATION DE L'ÉTHANOL

L'éthanol est une substance spécifique en raison de ses propriétés inflammables, sa dangerosité en cas de mauvaise manipulation, et sa possibilité d'utilisation illicite pour la fabrication de boissons alcoolisées non contrôlées. En Tunisie, la commercialisation et l'utilisation de l'éthanol sont encadrées par plusieurs textes réglementaires spécifiques visant à assurer la sécurité des personnes, prévenir les abus, et garantir une utilisation conforme aux normes. Parmi les principaux textes régissant l'éthanol en Tunisie, on trouve :

Commercialisation et prix de l'éthanol

L'article 43 de la loi de finances 1975[7] a créé la Régie des Alcools en tant qu'établissement public à caractère industriel et commercial doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière. L'article 44 suivant a chargé la régie d'exploiter au profit de l'Etat **le monopole des alcools.** Ce monopole a été instauré par **le décret du 20 Novembre 1927** et les textes qui l'ont modifié donnant à l'Etat l'exclusivité de commercialisation de l'éthanol sur le territoire tunisien. Il faut noter que cette exclusivité ne s'étend pas à la production d'éthanol. Toutefois, en pratique et compte tenu du monopole de distribution de la Régie,

Le Décret n° 97-1368 du 24 juillet 1997, relatif au régime fiscal des produits relevant des numéros 22 à 22-08 du tarif des droits de douane ainsi que les textes qui l'ont modifié, a fixé les droits de douane, la TVA ainsi que les droits de consommation applicables à l'importation et la commercialisation de l'éthanol. Actuellement, l'éthanol destiné aux utilisations industrielles est soumis à la TVA de 19% et un droit de consommation de 10%. Il faut préciser aussi que les prix applicables par la Régie ne sont pas libres et sont fixés par arrêté du ministre en charge des finances. Ces prix sont ajustés périodiquement en fonction de plusieurs paramètres dont notamment les cours internationaux de l'éthanol.

[7] Loi n°74-101 du 25 décembre 1974

Production et stockage

Les unités de fabrication d'éthanol sont considérées comme des établissements classés et sont de ce fait soumise à l'étude danger préalable selon les dispositions du décret n°2006-2687 du 9 octobre 2006. Elles sont également soumises à l'étude de l'impact sur l'environnement selon les dispositions du décret n°1991 du 11 juillet 2005.

Outre les conditions de sécurité, le stockage et l'utilisation de l'éthanol sont régis par des exigences spécifiques imposées par la loi. Il s'agit en particulier de l'obligation de détention de registres détaillés des quantités produites, importées, stockées et vendues, pour garantir une traçabilité complète et prévenir toute utilisation illicite. Ces registres font l'objet de vérification régulière par les autorités compétentes à travers des visites inopinées aux sites de fabrication et de stockage de l'éthanol.

5.2. NORMES ET CERTIFICATIONS

La production d'éthanol, en raison de ses multiples usages et de sa nature spécifique, doit respecter un ensemble de normes et de certifications qui peuvent être obligatoires ou facultatives selon le contexte. Ces normes couvrent divers aspects tels que la qualité du produit, la sécurité des procédés, la conformité aux exigences des secteurs spécifiques comme le pharmaceutique, et le respect de l'environnement. Intégrer ces standards permet non seulement d'assurer la conformité réglementaire, mais aussi de renforcer la crédibilité et la compétitivité de l'éthanol produit sur le marché. Ci-joint quelques normes et/ou certifications à prendre en compte :

ISO 45001 (Systèmes de gestion de la santé et de la sécurité au travail)	Cette norme aide à identifier les risques liés à la sécurité au sein de l'usine, à les minimiser et à établir un environnement de travail sûr pour tous les employés.
ISO 14001 (Système de gestion environnementale)	Cette norme établit un cadre pour améliorer la performance environnementale de l'usine, en intégrant des pratiques durables dans les processus de fabrication.

BPF (Bonne Pratique de Fabrication)	Les Bonnes Pratiques de Fabrication sont des normes obligatoires dans le secteur pharmaceutique (client cible du projet) pour assurer la qualité et la sécurité des produits, incluant les solvants comme l'éthanol.
ISO 22716 (Bonnes Pratiques de Fabrication pour les cosmétiques)	Cette norme s'applique aux producteurs d'éthanol qui souhaitent fournir des industries cosmétiques. Elle garantit que le produit respecte les standards requis pour son utilisation dans des produits de soins personnels. Il faut néanmoins mentionner qu'elle n'est pas toujours exigée par les fabricants de cosmétiques
ISO 1388	relative à l'éthanol à usage industriel (méthodes d'essai)

5.3 ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX ET ÉCOLOGIQUES

Le projet de production d'éthanol à partir des déchets de dattes présente des enjeux environnementaux significatifs qui doivent être considérés pour assurer une approche durable et respectueuse de l'environnement. Ces enjeux peuvent être divisés en deux grandes catégories : les effets positifs, liés aux bénéfices environnementaux du projet, et les effets négatifs et risques potentiels qui nécessitent des mesures d'atténuation.

5.3.1 Effets Positifs

Économie circulaire et valorisation des ressources

Le projet s'inscrit dans une logique d'économie circulaire en valorisant les déchets de dattes, une ressource abondante et sous-valorisée en Tunisie. Au lieu d'être jetés sans utilité ou peu valorisés en tant qu'aliment de bétail, ces déchets sont transformés en éthanol, un produit à haute valeur ajoutée. Les déchets issus de ce process peuvent être aussi à leur tour valorisés dans la fabrication d'aliment de bétail et/ou de compost.

Réduction de l'empreinte carbone

L'éthanol produit à partir de biomasse, comme les déchets de dattes, est considéré comme un biocarburant renouvelable qui aide à réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES). En se substituant partiellement aux combustibles fossiles dans certaines applications industrielles et énergétiques, l'éthanol contribue à la réduction des émissions de CO_2, aidant ainsi la Tunisie à atteindre ses objectifs en matière de transition énergétique et de lutte contre le changement climatique. Même si l'utilisation comme Biocarburant n'est pas actuellement la cible prioritaire du projet, cet effet positif est à prendre en compte pour d'éventuelles futures perspectives.

Création de synergies locales et développement économique durable

En utilisant une ressource locale et en créant des emplois autour de la collecte, du transport, et de la transformation des déchets de dattes, le projet stimule l'économie locale tout en respectant l'environnement. Il encourage également le développement de nouvelles filières vertes locales et pourrait stimuler ainsi tout un développement local durable.

5.3.2 Effets négatifs et risques potentiels

Production d'effluents liquides

Le processus de production d'éthanol génère des effluents liquides riches en composés organiques, des résidus de fermentation, et des sous-produits de distillation. Ces déchets, s'ils ne sont pas correctement traités, peuvent polluer les sols et les cours d'eau, entraînant des impacts négatifs sur la biodiversité et la qualité des ressources en eau. La mise en place d'une station de traitement des effluents est essentielle pour éliminer les polluants avant rejet.

Consommation d'énergie et empreinte carbone des procédés

La production d'éthanol, bien que bénéfique sur le plan environnemental en aval, consomme de l'énergie pour les étapes de broyage, fermentation, distillation, et purification. Une forte consommation d'énergies fossiles pour ces opérations pourrait contrebalancer les gains environnementaux attendus. L'intégration de sources d'énergie renouvelables, telles que les panneaux photovoltaïques, permettrait de réduire la dépendance aux énergies fossiles. L'optimisation des procédés pour diminuer la consommation d'énergie (utilisation de réacteurs intelligents, récupération de chaleur) est également cruciale pour minimiser l'impact carbone.

Risques liés à l'inflammabilité et à la sécurité

L'éthanol est une substance hautement inflammable, ce qui pose des risques pour la sécurité des installations, des travailleurs et de l'environnement. Les incendies, les explosions et les fuites représentent des dangers potentiels qui nécessitent une gestion rigoureuse. La conception des installations doit intégrer des systèmes de sécurité avancés, tels que des détecteurs de gaz, des systèmes d'extinction automatique, et des protocoles de manipulation sécurisée. La formation continue du personnel sur la gestion des matières inflammables est essentielle pour réduire les risques.

6.Analyse SWOT du projet

S FORCES

- **Valorisation des déchets agricoles :** Le projet utilise des déchets de dattes, une ressource abondante en Tunisie, ce qui réduit les coûts des matières premières et contribue à une gestion durable des déchets agricoles.
- **Économie circulaire :** Le projet s'inscrit dans une logique d'économie circulaire, créant de la valeur ajoutée à partir de résidus agricoles tout en minimisant l'impact environnemental.
- **Réduction de la dépendance aux importations :** La production locale d'éthanol réduit la dépendance de la Tunisie aux importations, renforçant ainsi la sécurité d'approvisionnement.
- **Technologie maîtrisée (sur le plan des principes généraux)** : Les procédés de fermentation et de distillation sont bien établis et maîtrisés, ce qui minimise les risques technologiques.
- **Contribution au développement local et création d'emplois :** En implantant le projet dans les régions de production de dattes, il stimule le développement local, crée des emplois directs et indirects, et soutient l'économie régionale.

W FAIBLESSES

- **Dépendance aux déchets de dattes :** Le succès du projet repose fortement sur la disponibilité régulière et en quantité suffisante des déchets de dattes, ce qui peut être affecté par les variations saisonnières et climatiques.
- **Investissement initial élevé :** Le coût initial pour les infrastructures, les équipements de production et les systèmes de traitement des effluents est élevé, ce qui peut représenter une barrière à l'entrée pour le promoteur.
- **Complexité des processus de traitement des effluents :** La gestion des effluents générés par la production d'éthanol nécessite des technologies spécifiques de traitement, augmentant les coûts opérationnels et environnementaux.
- **Risque de conformité :** Assurer la conformité aux normes de qualité et de sécurité peut être complexe, surtout si l'éthanol est destiné à des applications pharmaceutiques ou cosmétiques qui exigent des standards stricts.
- **Disponibilité des ressources humaines qualifiées :** Cela risque de constituer un problème notamment si le projet sera implanté dans les zones de production des dattes en Tunisie. A prendre en considération aussi que la Tunisie a arrêté la production industrielle d'éthanol depuis plusieurs années ce qui limite les possibilités de trouver du personnel expérimenté.

O OPPORTUNITES

- **Demande croissante d'éthanol :** La demande d'éthanol augmente dans les secteurs pharmaceutiques, cosmétiques, et industriels, offrant un marché en expansion pour un projet de fabrication locale.
- **Partenariats Public-Privé (PPP) :** Le projet peut bénéficier de partenariats stratégiques avec des entités publiques comme la Régie des Alcools, facilitant l'accès au marché et le partage des risques.
- **Promotion des filières vertes :** Le projet s'inscrit dans la promotion des filières vertes et de la bioéconomie, en valorisant les déchets agricoles et en contribuant à des pratiques industrielles durables.
- **Accès aux subventions et financements Verts :** Le projet pourrait bénéficier de subventions ou de financements préférentiels pour les projets verts et durables que ce soit dans le cadre de la loi tunisienne sur l'investissement mais, aussi, à travers les fonds et les bailleurs internationaux.

T MENACES

- **Fluctuation des prix Internationaux de l'éthanol :** Les variations des prix internationaux peuvent affecter la compétitivité de l'éthanol produit localement, en particulier si les coûts de production sont élevés.
- **Risque de concurrence :** L'apparition de nouveaux entrants sur le marché ou l'importation d'éthanol à bas prix pourraient affecter la part de marché du projet.
- **Risque d'utilisations Illicites :** L'éthanol étant un produit sensible, des risques liés à son détournement pour des usages illicites (fabrication de boissons alcoolisées) existent, nécessitant un contrôle rigoureux.
- **Instabilité des conditions climatiques :** Les changements climatiques et les conditions météorologiques imprévisibles peuvent affecter la production de dattes et, par conséquent, l'approvisionnement en matières premières.
- **Développement d'utilisations concurrentielles des déchets des dattes :** les déchets de dattes sont sollicités par d'autres utilisations telles que l'alimentation de bétail. Bien que ces filières ne soient pas encore structurées et significatives, elles risquent de créer des pressions sur l'approvisionnement en déchets et causer des augmentations des prix

7.Investissement et rentabilité prévisionnelle

7.1 BESOINS EN INVESTISSEMENT ET FINANCEMENT

Le coût global d'investissement est estimé de manière approximative à 17,5 MDT répartis ainsi :

Rubrique	INVESTISSEMENT EN MDT[8]
Terrain et constructions	1 500
Agencement et installations industrielles	5 500
Matériels et outils industriels	6 500
Matériel de transport	1 500
Matériel bureautique et informatique	500
Fonds de roulement	2 000
Total	***17 500***

Le budget de construction a été estimé sur la base d'une superficie totale de 8 000 m² dont 2500 m² bâtis. Le reste est nécessaire pour les aires de stockage et les utilités dont la station de traitement des eaux. Le coût de l'Agencement et installations intègre en particulier le budget pour une station de traitement des eaux usées, les réseaux de tuyauterie et d'alimentation diverses ainsi que les cuves de stockage équipées de systèmes anti-incendie. Le matériel et les outils industriels couvre les équipements détaillés précédemment dont notamment :

- Broyeurs et fermenteurs : 1 500 mDT.
- Colonne de distillation et équipements associés : 2 500 mDT.
- Unité de déshydratation et de purification : 2 500 mDT

Le transport des matières premières et des produits finis pourrait être sous-traité. Néanmoins, l'unité doit prévoir une flotte minimale (utilitaire, 1 camion-citerne de livraison et 1 camion remorque pour l'approvisionnement) pour assurer certaines opérations spécifiques.

Le schéma de financement pourrait être le suivant :

Financement	Montant en 1000 DT
Capital	6 200
Crédit moyen terme	9 300
Crédit court terme	2 000
Total	***17 500***

[8] Il s'agit de montants estimatifs

Bien entendu, le projet pourrait bénéficier des primes d'investissement prévues par la loi n°2016-71 et ses textes d'application [9].

7.2 PRÉVISIONS D'ACTIVITÉ

Les prévisions de CA ont été établies sur la base des hypothèses suivantes :

- L'atteinte d'un volume de vente de croisière de 40 000 hl après trois ans.
- Une répartition de vente selon les utilisations comme suit : 85% d'alcool surfin et 15% d'alcool pur.
- Des prix de vente départ usine rapprochés avec ceux de l'importation de l'éthanol en Tunisie (Prix CAF 2024) comme suit :
    - Alcool surfin : 480 DT/hl
    - Alcool pur : 520 DT/hl

Cela donne les prévisions suivantes de volumes et de CA

Année	2025	2026	2027
Alcool surfin en hl	17 000	25 500	34 000
Alcool absolu en hl	3 000	4 500	6 000
Total en Hl	20 000	30 000	40 000
CA total en mDT	***9 720***	***14 580***	***19 440***

7.3 PRÉVISIONS DE CHARGE

Les prévisions de charges ont été calculées sur la base des hypothèses suivantes

- **Matières et intrants de fabrication**

La consommation et le coût des différents intrants ont été établis sur la base des besoins pour produire un hectolitre d'Alcool suivantes :

[9] Décret gouvernemental n° 2017-389 du 9 mars 2017 tel que complété et modifié par le Décret n° 2024-182 du 4 avril 2024

Besoin pour la fabrication d'un hl d'éthanol				
Intrant	**Besoin**	**unité**	**Prix unitaire en DT**	**Coût en DT**
Déchets de dattes	0,7	T	200[10]	140
Eau	2	m^3	1	2
Levure	1	Kg	15	15
Enzyme	0,5	Kg	80	40
Nutriments et sel	0,2	Kg	50	10
Electricité	100	Kwh	0,3	30
Gaz	50	m^3	0.63	32
Autres (acides, consommables ,…)	-	-	-	30
Total en DT/hl				***~ 300***

- **Personnel**

Les charges salariales ont été estimées sur la base des besoins en personnel décrit dans le chapitre précédent en prenant en considération les hypothèses suivantes du salaire net moyen :

- Cadre : 2 500 DT
- Technicien et maitrise : 1 400 DT
- Exécution : 900 DT

- **Autres charges d'exploitation**

Ces charges ont été estimées sur la base d'un ratio de 10% du CA. Elles couvrent :

- Les prestations et services externes
- Les frais de maintenance
- L'assistance technique et la certification
- Les frais marketing et de commercialisation
- Les frais divers

[10] Y compris la charge de transport à l'usine

Cela donne les prévisions de charges suivantes

Année	2025	2026	2027
Matières et intrants	3 995	5 993	7 990
Energie et eaux	1 080	1 619	2 159
Autres charges d'exploitation	972	1 458	1 944
Personnel	1 480	1 636	1 706
Frais financiers CMLT	930	797	664
Frais financiers de fonctionnement (3% CA)	292	437	583

7.4 RENTABILITÉ

Sur la base des prévisions de CA et de charges précédentes, les ratios de rentabilité du projet ont été calculés comme suit :

Indicateur	Valeur
TRI	23%
VAN (taux d'actualisation de 14%)	5 020mDT
Retour sur investissement	5 ans

Ces performances, bien qu'acceptables, confirment la viabilité financière du projet, en plus des avantages écologiques et stratégiques soulignés dans les chapitres précédents. Toutefois, la réalisation effective de ces performances dépend de la maîtrise de certains paramètres et risques, qui seront abordés dans le paragraphe suivant:

7.5 GESTION DES RISQUES

Le projet reste exposé à des risques qui nécessitent des dispositions spécifiques pour les maitriser.

Risque	Description	Mesures d'atténuation
Fluctuation des Prix des Matières Premières	Les variations du prix des déchets de dattes peuvent augmenter les coûts de production de manière imprévisible.	• Établir des contrats à long terme et des partenariats avec les fournisseurs pour sécuriser les prix et garantir les quantités, diversifier les sources d'approvisionnement • Constituer des stocks pendant les campagnes ave des conditions de conservation adaptées • Optimiser les rendements .
Sécurité Industrielle (Incendies, Fuites de Produits)	La manipulation de l'éthanol présente des risques d'incendie, d'explosion, et de fuites qui peuvent compromettre la sécurité des employés et des installations.	• Installer des systèmes de détection et d'extinction d'incendie • Former le personnel aux protocoles de sécurité • Etablir des zones de stockage sécurisées avec des mesures anti-fuite.
Risque de compétitivité	Les prix de l'éthanol sur le marché international peuvent enregistrer de fortes baisses affectant la compétitivité de la production locale.	• Miser sur l'avantage de proximité et de flexibilité pour renforcer les relations avec les clients locaux • Convenir de mesures spécifiques avec toutes les parties prenantes assurant la protection de la production locale compte tenu de son caractère stratégique et ses impacts écologiques
Disponibilité des Ressources Humaines Qualifiées et du Savoir-Faire	Le manque de personnel qualifié et expérimenté dans la gestion des procédés de production d'éthanol, notamment dans les régions éloignées, peut affecter la qualité de la production et l'efficacité des opérations. Ce déficit en compétences spécifiques pourrait entraîner des erreurs de production, des inefficacités et des arrêts non planifiés.	• Recourir à l'assistance et l'accompagnement par des experts nationaux et internationaux pendant le démarrage et les premières années de fonctionnement. • Prévoir des programmes de formation intensifs au début et continue par la suite pour le personnel local • Etablir des partenariats avec des institutions de recherche et d'enseignement pour développer de collaboration

8.Annexes

8.1 STATISTIQUES DÉTAILLÉES

Le coût global d'investissement est estimé de manière approximative à 17,5 MDT répartis ainsi :

Global Ethanol Production by Country or Region (million gallons)

Country	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
USA	6 521	9 309	10 938	13 298	13 948	13 300	13 300	14 313	14 807	15 413	5 936	16 091	15 778	13 941	15 015	15 361
Brazil	5 019	6 472	6 578	6 922	5 573	5 577	6 267	6 190	7 093	6 840	6 730	8 060	8 860	8 100	7 430	7 400
European Union	570	734	1 040	1 209	1 168	1 179	1 371	1 445	1 387	1 190	1 250	1 300	1 350	1 280	1 350	1 460
China	486	502	542	542	555	555	696	635	813	730	850	810	1 010	930	900	920
Canada	211	238	291	357	462	449	523	510	436	460	460	460	497	429	434	447
Rest of World	315	389	914	985	698	752	1 272	1 490	1 147	1 417	1 544	1 819	1 835	1 790	2 181	2 632
WORLD	**13 123**	**17 644**	**20 303**	**23 311**	**22 404**	**21 812**	**23 429**	**24 583**	**25 683**	**26 050**	**26 770**	**28 540**	**29 330**	**26 470**	**27 310**	**28 220**

Source : Renewable Fuels Association (www.ethanolrfa.org)

Exportations mondiales d'étanol en 1000 $ et principaux pays fournisseurs

Exportateurs	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Monde	**9,164,424**	**8,556,916**	**7,576,870**	**7,092,781**	**7,230,066**	**8,335,168**	**8,683,077**	**8,649,447**	**10,142,663**	**10,952,949**	**14,355,503**	**13,547,626**
USA	1,968,126	1,611,069	2,111,366	1,794,656	2,107,118	2,488,503	2,741,654	2,380,510	2,383,654	2,861,815	3,875,422	3,951,981
Pays-Bas	646,824	626,485	642,797	768,244	634,210	859,104	818,419	1,043,370	1,323,350	1,618,451	1,987,495	2,086,840
Brésil	2,186,207	1,868,942	898,031	880,627	896,496	806,857	892,100	994,058	1,191,529	1,061,147	1,757,969	1,607,968
France	912,928	775,671	772,989	686,454	563,288	584,679	646,489	644,835	695,409	690,094	713,329	674,622
Belgique	407,571	408,157	358,099	348,956	352,335	320,518	350,915	405,571	517,835	641,958	712,063	600,188
Hongrie	208,815	305,848	257,145	258,399	326,199	356,569	383,118	439,162	443,812	545,953	701,736	531,900
Pakistan	151,052	356,561	349,149	308,175	249,127	381,774	455,335	322,311	346,530	400,847	590,871	482,929
Espagne	169,374	215,495	159,651	144,064	67,822	124,175	173,892	249,022	263,994	303,276	353,992	422,037
Allemagne	204,827	202,959	204,864	229,185	285,052	320,500	300,695	323,969	416,530	409,632	555,779	414,668
Royaume-Uni	152,236	121,599	293,406	211,852	247,143	398,076	284,433	134,863	152,556	130,783	200,597	242,202

Source : Trademap

Importations Tunisiennes d'éthanol en DT

	Sections	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
	Alcool éthylique non dénature d'un titre alcoométrique volumique de 80%vol ou plus;alcool ethylique et eaux de vie dénatures de tous titres:alcool eth	4,519,558	4,126,506	5,939,165	7,663,235	5,873,599	4,790,815	6,332,540	4,854,856	9,930,083	9,578,187	5,982,985	6,019,921
	Alcool éthylique et eaux de vie dénatures de tous titres*	248,582	273,224	268,311	182,012	333,602	195,831	219,069	291,686	291,124	186,186	271,762	264,920

Importations Tunisiennes d'éthanol en kg

	Sections	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
	Alcool éthylique non dénature d'un titre alcoométrique volumique de 80%vol ou plus;alcool ethylique et eaux de vie dénatures de tous titres:alcool eth	3,752,913	3,373,442	3,657,921	9,025,651	3,390,555	1,511,040	3,406,018	2,697,023	4,466,694	3,514,285	2,151,371	1,483,470
	Alcool éthylique et eaux de vie dénatures de tous titres*	114,407	119,291	101,941	63,352	107,935	57,908	68,829	85,275	73,600	29,894	58,357	70,765

Source : INS

8.2 ADRESSES UTILES

Les fournisseurs potentiels d'équipements dans l'industrie de l'éthanol sont nombreux. Ci-joint quelques adresses à titre indicatif :

- ***Alfa Laval :*** Solutions pour la séparation, la distillation, et le traitement des effluents dans les processus de bioéthanol. (www.alfalaval.com)
- ***Praj Industries :*** Solutions complètes pour la production d'éthanol, y compris les technologies de fermentation, distillation, déshydratation et traitement d'effluents (www.praj.net)
- ***GEA Group :*** Fourniture de solutions et d'équipements pour la production et la purification d'éthanol, incluant des systèmes de fermentation et de distillation. (www.gea.com)
- ***Veolia Water Technologies :*** Solutions de traitement des eaux et gestion des effluents (www.veoliawatertech.com)

8.3 PROJECTIONS DE RENTABILITÉ

Années	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
CA en mDT	9 720	14 580	19 440	19 440	19 440	19 440	19 440	19 440	19 440	19 440
Matières et intrants	3 995	5 993	7 990	7 990	7 990	7 990	7 990	7 990	7 990	7 990
Energie et Eau	1 080	1 619	2 159	2 159	2 159	2 159	2 159	2 159	2 159	2 159
Autres charges d'exploitation	972	1 458	1 944	1 944	1 944	1 944	1 944	1 944	1 944	1 944
Personnel	1 480	1 636	1 706	1 706	1 706	1 706	1 706	1 706	1 706	1 706
Amortissement	1 675	1 675	1 675	1 675	1 675	1 275	1 275	1 275	1 275	1 275
FF Financement	930	797	664	531	399	266	133	0	0	0
FF Fonctionnement	292	437	583	583	583	583	583	583	583	583
Résultat Avant IS	-703	964	2 719	2 851	2 984	3 517	3 650	3 783	3 783	3 783
IS	-70	96	272	285	298	352	365	378	378	378
Résultat Net	-633	868	2 447	2 566	2 686	3 165	3 285	3 405	3 405	3 405

8.4 TERMES TECHNIQUES

- ***ADSORPTION SUR DES TAMIS MOLÉCULAIRES***

L'adsorption sur des tamis moléculaires est une méthode utilisée pour déshydrater l'éthanol, c'est-à-dire pour éliminer l'eau résiduelle afin d'obtenir de l'éthanol absolu (99 % et plus de pureté). Les tamis moléculaires sont des matériaux poreux avec des pores de taille très précise, généralement faits de zéolithes ou de silicates alumineux. Ces pores sont conçus pour adsorber des molécules spécifiques en fonction de leur taille et de leur forme.

Dans le processus de déshydratation de l'éthanol, les tamis moléculaires retiennent préférentiellement les molécules d'eau en raison de leur plus petite taille par rapport aux molécules d'éthanol. Ainsi, lorsque le mélange éthanol-eau passe à travers les tamis, l'eau est capturée dans les pores du tamis tandis que l'éthanol continue son chemin sous forme purifiée. Cette méthode est très efficace et largement utilisée dans l'industrie pour produire de l'éthanol de haute pureté.

- ***DISTILLATION AZÉOTROPIQUE***

*La **distillation azéotropique** est une technique utilisée pour séparer des mélanges qui forment un azéotrope, c'est-à-dire un mélange de deux liquides qui ont un point d'ébullition constant et ne peuvent pas être séparés par distillation ordinaire. Dans le cas de l'éthanol, l'azéotrope formé avec l'eau a une concentration maximale d'environ 95,6 % d'éthanol, ce qui signifie qu'au-delà de ce point, la simple distillation ne peut plus augmenter la pureté de l'éthanol.*

Pour surmonter ce problème, la distillation azéotropique introduit un troisième composant appelé agent de déshydratation ou solvant (comme le benzène ou le cyclohexane), qui modifie les interactions entre l'éthanol et l'eau, brisant ainsi l'azéotrope. Ce processus permet de séparer l'eau de l'éthanol en trois phases distinctes : une phase éthanol-eau, une phase d'agent de déshydratation, et une phase quasi pure d'éthanol qui peut ensuite être isolée et purifiée à des niveaux de pureté plus élevés.

2025

AGENCE DE PROMOTION DE L'INDUSTRIE ET DE L'INNOVATION

Agence de Promotion
de l'Industrie et de l'Innovation

63, Rue de Syrie, 1002 Tunis Belvédère - Tunisie
Tél.: (216) 70 162 888 - **Fax:** (216) 71 782 482
E-mail : apii@apii.tn