**Table des matières**

|  |  |
| --- | --- |
| **1-Introduction…………………………………………………..** | **01** |
| **2- Revue Bibliographique ……………………………...………** | **03** |
| 2.1- Sources d’énergie: Bref aperçu**………………………………………………….** | 03 |
| 2.2- La biomasse : une énergie en plein essor **……………………………………….** | 04 |
| 2.3- Energies renouvelables, une priorité en Algérie……………….........................2.4- Bioéthanol…………………………………………………………………………  | 05 06 |
| 2.4.1- Production du bioéthanol dans le monde…………………………….............2.4.2- Utilisation du bioéthanol……………………………………………………….2.4.3- Procèdes de Production du bioéthanol ……………………………………….2.4.3.1- Matières premières utilisées………………………………………………….2.4.3.2- Microorganismes utilisés……………………………………………………. 2.5- Inuline………………………………………………………………2.5.1- Généralités………………………………………………………………………2.5.2- Enzymes de dégradation d’inuline…………………………………………….2.5.2.1- Endo-inulinase………………………………………………………………... 2.5.2.2- Exo-inulinase………………………………………………………………….2.5.3- Principales sources microbienne d’inulinase…………………………………2.5.4- Voie de dégradation de l’inuline……………………………………………….  |  06 07 08 0908 1313  14 1515 16 17 |
| 2.6- Le genre *Pichia*…………………………………………………….. |   18 |
| 2.6.1- Caractéristiques et taxonomie……………………….......................... |  18 |
| 2.6.2- Besoins nutritionnels…………………………………………………………...  |  19 |
| 2.6.2.2- Sources d’azote……………………………………………………………….. |  20 |
| 2.6.2.3- Oligoéléments et facteurs de croissance………………………………. |  20 |
| 2.6.2- Mécanismes de production d’éthanol…………………………………………  |  20 |
| 2.6.2.1- Métabolisme fermentaire…………………………………………...  | 21 |
| 2.6.2.2- Métabolisme respiro-fermentaire……………………………………  | 22 |
| 2.7- Le sol ………………………………………………………………...  | 22 |
| 2.7.1- Généralités sur le sol………………………………………………….. | 22 |
| * + 1. Caractéristiques du sol aride…………………………………………………
 | 23 |
| * + 1. Zones aride en Algérie………………………………………………………...
 |  24 |
| * + 1. Sol et microorganismes………………………………………………………..
 |  24 |
| * + 1. Microorganismes des zones arides……………………………………..
 | 25 |
| 2.8- Modélisation ………………………………………………………...  | 26 |
| 2.8.1- Définition et objectif……………………………………………… | 26 |
| 2.8.2- Les modèles non-structurés ……………………………………………  | 26 |
| 2.8.2.1- Modélisation de la croissance avec limitation par le substrat……….......  |  27 |
| 2.8.2.2- Modélisation de la croissance en présence de produits…………...……...  | 28 |
| 2.8.2.2.1- Modèle de Luedeking et Piret.................................................................... | 28 |
| **3- Matériel et méthodes………………………………………...** | **31** |
| 3.1- Echantillonnage……………………………………………………... | 31 |
| 3.2- Etude climatologique et pédologique................................................  | 32 |
| 3.2.1- Etude pédologique…………………………………………………….  | 32 |
| 3.3- Isolement des levures ………………………………………………. | 33 |
| 3.3.1- Dilutions…………………………………………………………………………  | 33 |
| 3.3.2- Ensemencement……………………………………………………….  | 33 |
| 3.3.3- Purification des levures………………………………………………………... | 33 |
| 3.3.4- Conservation des levures………………………………………………………. | 34 |
| 3.4- Sélection des levures productrices d’éthanol……………………..  | 34 |
| 3.5- Identification de l’isolat levurien sélectionné……………………..3.5.1- Observation macroscopique………………………………………………....... | 34 34 |
| * + 1. Observation microscopique……………………………………………...
 | 35 |
| *3.5.2.1-* Observation à l’état frais…………………………………………... | 35 |
| *3.5.2.2-* Coloration au bleu de méthylène .........................................................  | 35 |
| 3.5.2.3- Aptitude à la filamentation………………………………………………...  | 35 |
| * + 1. Identification biochimique (galerie API 20 C AUX)…………………………
 | 35 |
| * + 1. Identification moléculaire ……………………………………………….
 | 36 |
| 3.5.4.1- Extraction d’ADN …………………………………………………………. | 36 |
| 3.5.4.2- Amplification des gènes étudiés par PCR………………………………….. | 37 |
| 3.5.4.3- Purification de l’ADN………………………………………………………... | 37 |
| 3.5.4.4- Séquençage des gènes amplifiés et traitement des séquences……………... | 38 |
| 3.6- Méthode de fermentation………………………………………….. | 38 |
| 3.6.1- Production d’éthanol en fiole…………………………………………………..*3*.6.1.1- Préparation de la pré-culture………………………………………………... | 38 38 |
| 3.6.1.3- Conduite de fermentation…………………………………………………….  | 38 |
| 3.6.2- Sélection de conditions physico-chimiques optimales de production  d’éthanol à partir d’inuline……………………………………………............  | 39  |
| 3.6.2.1- Température………………………………………………………………......  | 39 |
| 3.6.2.2- pH ………………………….............................................................................. | 39 |
|  3.6.3- Sélection de la concentration optimale d’inuline pour la meilleure  production d’éthanol………………………………………………………….. | 39 |
| 3.6.4- Production d’éthanol en fermenteur de 20 litres*.......................................*  | 39 |
| 3.6.4.1- Préparation de l'inoculum…………………………………………………… | 39 |
| 3.6.4.2- Préparation du fermenteur………………………………………………… | 39 |
| 3.6.4.3-Évaluation des paramètres de croissance et de production du fructose et  d’éthanol……………………………………………………………………..... | 40 |
| 3.7- Production d’éthanol sur milieu à base de l’artichaut…………… | 42 |
| 3.8- Modélisation ………………………………………………………... | 42 |
| 3. 9.1- Equations des modèles……………………………………………….. | 42 |
| 3. 9.1.1- Croissance de la biomasse…………………………………………… | 43 |
| 3. 9.1.3- Consommation du substrat: (forme modifiée du modèle de Leudeking et Piret)………………………………………………………………………………...….44 |  |
| 3. 9.2- Simulation des systèmes dynamiques…………………………………………  |  44 |
| 3. 9.2.1- Logiciel de simulation MatLab…………………………………………….. | 44 |
| 3. 9.2.2- Résolution numérique des modèles……………………………………...…  | 44 |
| 3.9.2.3- Discrétisation des équations par la méthode FDTD……………………….  |  45 |
| **4- Résultats……………………………………………………...**  |  **46** |
| 4.1- Etude climatologique et pédologique du site d’échantillonnage … |  46 |
| 4.1.1- Etude climatologique de la région de Biskra…………………………………  | 46 |
| 4.1.2- Etude pédologique……………………………………………………………… | 46 |
| 4.2-Isolement des levures………………………………………………...  | 47 |
| 4.3- Sélection des isolats levuriens producteurs de l’éthanol sur divers sucres…………………………………………………………………….... | 48 |
| 4.3.1-Les pentoses …………………………………………………………………….. |  49 |
| 4.3.2- Les hexoses…………………………………………………………………… |  49 |
| 4.3.3- Les disaccharides……………………………………………………………….. |  50 |
| 4.3.4- Les polysaccharides…………………………………………………………….. |  50 |
| 4.4- Identification de l’isolat sélectionné………………………………... |  52 |
| IV. 4 .4.1- Identification macroscopique…………………………………………..4 .4.2- Identification microscopique………………………………………………….. | 5252 |
| 4.4.3- Identification biochimique.................................................................................. | 53 |
| 4.4.3.1- Test d’assimilation (galerie API 20 C AUX)………………………………...  | 53 |
| 4.4.4- Identification moléculaire…………………………………………  | 53 |
| 4.4.4.1- Extraction d’ADN…………………………………………………………..  | 54 |
| 4.4.4.2- Amplification de séquences d’ADN-18S et ITS………………...………….. | 54 |
| 4.4.4.3- Séquençage……………………………………………………………………. | 54 |
| 4.5- Production d’éthanol par *Pichia caribbica…………………………* | 55 |
| 4.5.1- Production d’éthanol en fiole de 250Ml………………………………………. | 55 |
| 4.5.2 - Sélection des paramètres physico-chimiques optimaux de production d’éthanol ……………………………………………………………………………….4.5.2.1 –Température…………………………………………………………………. 4.5.2.2 - Le pH………………………………………………………………………….4.5.3- Sélection de la concentration optimale d’inuline pour la production d’éthanol ……………………………………………………………………………….4.5.4- Production d’éthanol en fermenteur de 20 litres …………………………….4.6- Méthode d’analyse…………………………………………………... | 56 565758 59**60** |
| 4.6.1- Détermination de l’activité inulinasique en fiole……………………………...4.6.2- Détermination de l’activité enzymatique en fermenteur de 20 litres……….4.6.3- Caractérisation partielle de l’inulinase……………………………………….. 4.7- Production d’éthanol sur milieu à base de l’artichaut…………………………4.7- Modélisation………………………………………………..4.7.1- Résolution des équations………………………………………….. 4.7.1.1- Modèle de Monod……………………………………………………………..4.7.1.2- Modèle de Luderking et Piret……………………………………………......4 .7.1.3- La forme modifiée de Luderking et Piret………………………………..... .4.7.2.1- Estimation de µm et de Ks ………………………….....………………………4.7.2.2- Estimation de $γ$ et de $λ$………………………………………………4.7.3- Validation des modèles……………………………………………………….4.7.3.1- Modèle de Monod…………………………………………………………..... 4.7.3.2- Modèle de Luedeking et Piret ………………………………………………734.7.3.3- La forme modifiée de Luedeking et Piret………………………………….**5- Discussion**……………………………………………………. **75** **84****6- Conclusion et perspectives**…………………………………..**Résumé**……………………………………………….................. | 60 61 6264 6565 65 666870  70727172 7286 |
| **Abstract……………………...………………………………......** **87****الملخص** **..........................................................................................** |  **86** |
| **Références .…………………………………………………….** | **88** |
| **Annexe** |  |