**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  09  08  13  13    14    15  15  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………………………………………………….. | 52  52 |
| 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  56  57  58  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 et de ………………………………………………  4.7.3- Validation des modèles……………………………………………………….  4.7.3.1- Modèle de Monod………………………………………………………….....  4.7.3.2- Modèle de Luedeking et Piret ………………………………………………  73  4.7.3.3- La forme modifiée de Luedeking et Piret………………………………….  **5- Discussion**…………………………………………………….  **75**  **84**  **6- Conclusion et perspectives**…………………………………..  **Résumé**……………………………………………….................. | 60  61  62  64  65  65  65  66  68  70    70  72  71  72  72  86 |
| **Abstract……………………...………………………………......**  **87**  **الملخص**  **..........................................................................................** | **86** |
| **Références .…………………………………………………….** | **88** |
| **Annexe** |  |