



Université ABBES LAGHROUR Khenchela  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de Génie Industriel  
جامعة عباس لغرور خنشلة  
كلية العلوم والتكنولوجيا  
قسم الهندسة الصناعية



N° Série :.....

## Mémoire de fin d'étude

*Présenté pour l'obtention du diplôme de Master*

**Filière : Télécommunications**

**Spécialité : Systèmes des Télécommunications**

### THEME

**Mise en place d'un réseau de  
capteurs sans fil pour la surveillance  
des forêts**

*Réalisées par : - HACHANI Amir  
- MAAFA Med Fadi*

*Devant Le Jury :*

<i>Président:</i>	<i>Dr. BOUMEHREZ Farouk</i>
<i>Examineur:</i>	<i>Dr. MEDJALDI Malika</i>
<i>Encadreur :</i>	<i>Dr. SAHOUR Abdelhakim</i>
<i>Co-Encadreur:</i>	<i>Dr. BEN FERROUDJ Hafiza</i>

*Promotion 2021/2022*

## **Résumé:**

Dans ce travail, nous avons abordé un sujet d'actualité et d'intérêt sociétal et économique qui traite la problématique de la surveillance à distance et en temps réel des paramètres environnementaux des forêts. Étant donné que les incendies de forêt sont actuellement parmi les grands problèmes. Ils entraînent des pertes environnementales et financières importantes.

Dans ce projet, nous avons proposé la réalisation d'un système de télésurveillance en temps réel les facteurs environnementales à l'origine de ce problème qui sont (la température, humidité, la vitesse de vent ,valeur de fuée).

Le système proposé s'appuie sur l'émergence de technologies de communication avancées, en particulier la technologie de l'Internet des objets (IoT) et système d'information dans le contexte de l'utilisation de la technologie pour prédire les endroits forestiers les plus exposés aux incendies.

Dans le système proposé on a opté à l'utilisation d'un ensemble de nœuds de capteur. Nous avons choisi pour chaque nœud une carte Arduino WIFI qui est connecté à un ensemble des capteurs, ce qui permet la collection de la mesure des paramètres environnementaux (température, humidité, vitesse du vent,valeur de fuée). Les données ainsi collectées sont arrangées en bloc ensuite envoyées via la une connexion sans fil (Wifi) a un serveur local développé pour cette application. Dès sont arrivées ils sont automatiquement enregistrées dans la base de données du Cloud sécurisé. Ce qui permet aux utilisateurs d'observer les à traves une page web partout dans le monde à l'aide d'un ordinateur portable, Smartphone, etc., connecté à internet. Ce qui devrait permettre à développer une carte de feu des lieux, afin de planifier un plan des éventuelles interventions.

**Mots clés:** télésurveillance, Internet des objets (IoT), Arduino, pages Web, Data base, réseaux de capteurs, incendies des forets.

## ملخص:

في هذا العمل، تناولنا موضوعًا ذا اهتمام مجتمعي واقتصادي يتعامل مع مشكلة المراقبة عن بُعد وفي الوقت الحقيقي للمعايير البيئية للغابات. من المعلوم أن حرائق الغابات تعتبر من بين المشاكل الكبيرة حاليًا لأنها تسبب خسائر بيئية ومالية كبيرة. في هذا المشروع، اقترحنا تحقيق نظام مراقبة عن بعد في الوقت الحقيقي للعوامل البيئية لهذه المشكلة وهي (درجة الحرارة، الرطوبة، سرعة الرياح وقيمة الدخان).

يعتمد النظام المقترح على ظهور تقنيات الاتصال المتقدمة ، ولا سيما تكنولوجيا إنترنت الأشياء (IoT) ونظام المعلومات في سياق استخدام التكنولوجيا للتنبؤ بمعظم مواقع الغابات الأكثر عرضة للحرائق.

في النظام المقترح ، اخترنا استخدام مجموعة من عقد الاستشعار ، وقد اخترنا لكل عقدة أن يتم توصيل لوحة Arduino WIFI بمجموعة من المستشعرات ، مما يسمح بجمع قياسات العوامل البيئية ( درجة الحرارة والرطوبة وسرعة الرياح وقيمة الدخان). يتم ترتيب البيانات التي تم جمعها على هذا النحو في رسالة يتم إرسالها عبر اتصال لاسلكي (Wifi) إلى خادم محلي تم تطويره لهذا التطبيق. بمجرد وصول البيانات يتم حفظها تلقائيًا في قاعدة البيانات السحابية الآمنة. يسمح ذلك للمستخدمين بمشاهدتها من أي صفحة ويب في أي مكان في العالم باستخدام جهاز كمبيوتر محمول أو هاتف ذكي ، وما إلى ذلك ، متصلة بالإنترنت. هذا من شأنه أن يجعل من الممكن تطوير خريطة حرائق للأماكن الأكثر عرضة للحرائق ، من أجل التخطيط لخطة التدخلات المحتملة.

**الكلمات الرئيسية:** المراقبة عن بعد ، إنترنت الأشياء (IoT) ، الأردوينو ، صفحات الويب ، قاعدة البيانات ، شبكات الاستشعار ، حرائق الغابات.

## **Abstract:**

In this work, we have approached a topical subject of societal and economic interest which deals with the problem of remote and real-time monitoring of the environmental parameters of forests. We know that forest fires are currently among the big problems. They cause significant environmental and financial losses.

In this project, we proposed the realization of a real-time remote monitoring system of the environmental factors at the origin of this problem which are (temperature, humidity, wind speed ,smok value).

The proposed system relies on the emergence of advanced communication technologies, in particular Internet of Things (IoT) technology and information system in the context of using technology to predict the most forest locations exposed to fires.

In the proposed system we opted to use a set of sensor nodes. We had deliberately chosen for each node an Arduino WIFI board is connected to a set of sensors, which allows the collection of environmental parameter measurements (temperature, humidity and wind speed , smok value). The data thus collected is arranged in block then sent via a wireless connection (Wi-Fi) to a local server developed for this application. As soon as they arrive they are automatically saved in the secure cloud database. This allows users to view them from any web page anywhere in the world using a laptop, Smartphone, etc., connected to the internet. This should make it possible to develop a fire map of the places, in order to plan a plan of possible interventions.

**Keywords:** remote monitoring, Internet of Things (IoT), Arduino, Web pages, Data base, sensor networks, forest fires.

# *Dédicace*

*A mes très chers parents*

*Et surtout à ma géniale, tendre, affectueuse et sacrée mère.*

*A mon cher frère iyad ,adam et arman*

*À toute ma famille*

*A tous mes amis en particulier : rafik, taki, hatem ,djalel, amir, **halim***

*A toute personne désireuse de se distraire, à travers la lecture de ce document,*

*Je vous dédie cette contribution modeste que j'espère, l'avoir tissée*

*à une fin utile.*

*Et enfin a toutes personne qui ma soutenu tout au long de la réalisation de ce  
modeste travaille.*

***Amir***

# *Dédicace*

*À l'aide de dieu 'Allah' tout puissant*

*Qui m'a tracé le chemin de ma vie,*

*J'ai pu réaliser ce travail.*

*À mes très chers parents « Nasser eddine et lynda ».*

*Et la tante qui est la deuxième mère « SALIMA » .*

*Qui m'ont soutenu et encouragé durant tout*

*La période de mes études et à qui je souhaite une*

*Long et heureuse vie,*

*À mon cher frère "**Raid**" et à ma soeur, ma fille gâtée "**chahed ouajdéne**",  
qui sont à l'origine de ce succès*

*À mes amis qui ont cru en moi et ont*

*Toujours encouragé, en particulier «**Samir brh**» .*

# ***Remerciement***

*Bien que ce mémoire porte le nom de ces auteurs, sa préparation n'a été possible qu'avec la participation directe ou indirecte de plusieurs personnes depuis sa première définition jusqu'à sa présentation devant le jury et sa diffusion.*

*On désire adresser, un merci tout particulier, à **Professeur SAHOUR ABDELHAKIM**, pour son encadrement bénéfique et ses conseils judicieux qui nos ont été d'une grande utilité, qu'il trouve ici, l'expression de nos profondes reconnaissances.*

*Nous remercions les membres du jury de nous avoir fait l'honneur d'accepter d'examiner notre travail.*

*Enfin, nous présentons toute notre gratitude à Tous les enseignants du **DEPARTEMENT GENIE industriel D'ABORD**, pour leurs gentillesse, leurs générosités, ainsi que leurs disponibilités, en dépit de leurs nombreuses occupations, ainsi que toute personne qui participé de prêt au de loin pour la réussite de ce travail*

## Table de matière

### Introduction général

### Chapitre I : les risques d'incendie des forets

<b>I.1 Introduction :</b> .....	<b>03</b>
<b>I.2.1 La recherche des causes d'incendies de forêt:</b> .....	<b>03</b>
<b>I.2.2 Cause des incendies de forêts :</b> .....	<b>04</b>
<b>I 2.2.a Incendies dus à des actions anthropiques :</b> .....	<b>04</b>
<b>I.2.3 Stratégie de prévention et de lutte contre les incendies de forêts :</b> .....	<b>05</b>
<b>I.3 Organization:</b> .....	<b>05</b>
<b>I.3.1 L'organisation sur terrain est la suivante :</b> .....	<b>05</b>
<b>I.3.2 Modernisations de la salle des opérations et de suivi des incendies:</b> .....	<b>06</b>
<b>I.3.3 Renforcement en moyens humains et matériels :</b> .....	<b>06</b>
<b>I.3.4 Les moyens de lutte contre les incendies de forêts en Algérie :</b> .....	<b>07</b>
<b>I.4 Différent type de feu :</b> .....	<b>07</b>
<b>I.4.1 les feu de sols :</b> .....	<b>07</b>
<b>I.4.2 Les feux de surface :</b> .....	<b>07</b>
<b>I.4.3 Les feux de cimes :</b> .....	<b>07</b>
<b>I.4.4 Feux de braises :</b> .....	<b>07</b>
<b>I.5 L'étude du risque de feu de forêt :</b> .....	<b>08</b>
<b>I.5.1 Des paramètres topographique :</b> .....	<b>08</b>
<b>I.5.1.a L'élévation du terrain :</b> .....	<b>08</b>
<b>I.5.1.b L'inclination des pentes:</b> .....	<b>08</b>
<b>I.5.1.c L'exposition de la pente : "Aspect":</b> .....	<b>09</b>
<b>I.5.2Paramètre de végétation :</b> .....	<b>09</b>
<b>I.5.3 Les paramètres climatique :</b> .....	<b>09</b>
<b>I.5.3.a La température:</b> .....	<b>09</b>
<b>I.5.3.b Le vent "la vitesse de vent":</b> .....	<b>09</b>

<b>I.5.3.c L'humidité relative:</b> .....	<b>10</b>
<b>I.6. Présentation de la forêt de kenchela :</b> .....	<b>10</b>
<b>I.6.1 Localisation géographique et administrative :</b> .....	<b>10</b>
<b>I.6.2. Le milieu naturelle :</b> .....	<b>11</b>
<b>I.6.2.a Le relief :</b> .....	<b>11</b>
<b>I.6.2.b Les montagnes :</b> .....	<b>11</b>
<b>I.6.2.c les plateaux :</b> .....	<b>11</b>
<b>I.6.2.d les plaines :</b> .....	<b>11</b>
<b>I.6.2.e les parcours:</b> .....	<b>11</b>
<b>I.6.3 Le climat :</b> .....	<b>12</b>
<b>I.7 Conclusion :</b> .....	<b>14</b>
<b>Chapitre II : Généralités sur les réseaux de capteurs sans fils</b>	
<b>II.1 Introduction :</b> .....	<b>15</b>
<b>II.2 Définition :</b> .....	<b>15</b>
<b>II.3 Architecture d'un capteur :</b> .....	<b>15</b>
<b>II.3.1 Unité de capture (<i>Sensing unit</i>):</b> .....	<b>16</b>
<b>II.3.2 Unité de traitement (<i>Processing unit</i>):</b> .....	<b>16</b>
<b>II.3.3 Unité de communication (<i>Transceiver unit</i>):</b> .....	<b>16</b>
<b>II.3 .4 L'unité d'énergie :</b> .....	<b>16</b>
<b>II.4 Caractéristiques principales d'un capteur :</b> .....	<b>17</b>
<b>II.5 Architecture d'un réseau de capteurs sans fil :</b> .....	<b>17</b>
<b>II.6 Contraintes de conception des RCSF :</b> .....	<b>18</b>
<b>II.7 Agrégation de donnée :</b> .....	<b>19</b>
<b>II.8 Applications des réseaux de capteurs :</b> .....	<b>19</b>
<b>II.9 Conclusion :</b> .....	<b>20</b>
<b>Chapitre III : généralité sur le système arduino , capteurs et les logiciels utilisé</b>	

<b>III.1 Système Arduino:</b> .....	<b>21</b>
<b>III.1.1 Introduction:</b> .....	<b>21</b>
<b>III.1.2 Présentation générale :</b> .....	<b>22</b>
<b>III.1.2.1 Description technique :</b> .....	<b>22</b>
<b>III.1.2 .2 Alimentation :</b> .....	<b>22</b>
<b>III.1.2.3 Horloge :</b> .....	<b>22</b>
<b>III.1.2.4 Reset :</b> .....	<b>23</b>
<b>III.1.2.5 Entrées/sorties:</b> .....	<b>23</b>
<b>III.1.2.6Mémoire :</b> .....	<b>23</b>
<b>III.1.2.7Le matériel :</b> .....	<b>24</b>
<b>III.1.3 Types de carte Arduino :</b> .....	<b>24</b>
<b>III.1.3.1 La carte Arduino UNO :</b> .....	<b>26</b>
<b>III.1.3.2 Ces avantages :</b> .....	<b>27</b>
<b>III.2 Les Capteurs utilisés :</b> .....	<b>27</b>
<b>III.2.1 Introduction :</b> .....	<b>27</b>
<b>III.2.2 Capteur de température et d’humidité DHT21 :</b> .....	<b>28</b>
<b>III.2.3.1 Caractéristiques de DHT21 :</b> .....	<b>29</b>
<b>III.2.3.2Caractéristiques techniques :</b> .....	<b>29</b>
<b>III.3 Logiciels :</b> .....	<b>30</b>
<b>III.3.1 Logiciels ARDUINO :</b> .....	<b>30</b>
<b>II.4 Conclusion :</b> .....	<b>32</b>
<b>Chapitre IV : réalisation et testes</b>	
<b>IV.1 Introduction :</b> .....	<b>33</b>
<b>IIV.1.2 Représentation du système :</b> .....	<b>33</b>
<b>IV.1.3Étude du système :</b> .....	<b>35</b>
<b>IV.1.3.1 Le nœud de capteurs :</b> .....	<b>35</b>
<b>IV.1.3.2 Unité de traitement centrale :</b> .....	<b>35</b>

<b>IV.1.4 Le capteur de température et d'humidité DHT11 :</b>	<b>38</b>
<b>IV.1.5 Capteur de la vitesse du vent :</b>	<b>39</b>
<b>IV.1.6 L'afficheur LCD I2C 2004A:</b>	<b>41</b>
<b>IV.1.7 Programme de gestion du calculateur :</b>	<b>42</b>
<b>IV.8 Organigramme :</b>	<b>45</b>
<b>IV.2 Partie serveur:</b>	<b>46</b>
<b>IV.2.1 Page de réception :</b>	<b>47</b>
<b>IV.2.2 La base de données :</b>	<b>48</b>
<b>IV.2.3 Interface d'accès graphique :</b>	<b>48</b>
<b>IV.2.4 Tests et résultats :</b>	<b>51</b>
<b>IV.2.5 Conclusion :</b>	<b>55</b>
<b>Conclusion général :</b>	<b>56</b>

## LISTE DES TABLEAUX

N°	NOM DE TABLEAU	page
<b>Chapitre I. Les risques d'incendie de forêt</b>		
I.01	Les causes d'incendie	<b>04</b>
I.02	Les causes anthropiques	<b>05</b>
I.03	Précipitation moyenne mensuelle de la station de Khenchela (1994-2011)	<b>13</b>
I.04	Classes des pentes de deux massifs.	<b>13</b>
<b>Chapitre II. Généralités sur les réseaux de capteurs sans fils</b>		
<b>Chapitre III. Généralité sur le système Arduino, capteurs et les logiciels utilisé</b>		
<b>Chapitre IV. Réalisation et tests</b>		
IV.01	Caractéristiques techniques de la carte Arduino RobotDyn UNO + WIFI	<b>37</b>

## LISTE DES FIGURES

N°	NOM DE FIGURE	page
<b>Chapitre I. Les risque d'incendie de forêt</b>		
<b>I.01</b>	Superficies incendies 2000-2020	<b>05</b>
<b>I.02</b>	Nombre de foyers 2000-2020	<b>05</b>
<b>I.03</b>	Différents types des feux de forêts	<b>08</b>
<b>I.04</b>	Géographie de kenchela	<b>10</b>
<b>I.05</b>	Répartition des zones naturelles de kenchela	<b>12</b>
<b>I.06</b>	Carte de risque (sensibilité) de Kenchela	<b>14</b>
<b>Chapitre II. Généralités sur les réseaux de capteurs sans fils</b>		
<b>II.01</b>	Les composants d'un nœud capteur	<b>16</b>
<b>II.02</b>	Rayons de communication et de détection d'un capteur	<b>17</b>
<b>II.03</b>	Architecture d'un Réseade Capteur Sans fil	<b>18</b>
<b>Chapitre III. Généralité sur le système Arduino, capteurs et les logiciels utilisé</b>		
<b>III.01</b>	la carte Arduino UNO	<b>21</b>
<b>III.02</b>	Arduino UNO	<b>24</b>
<b>III.03</b>	Arduino UNO	<b>24</b>
<b>III.04</b>	Arduino Méga	<b>25</b>
<b>III.05</b>	Arduino Nano	<b>25</b>
<b>III.06</b>	Arduino YUN	<b>25</b>
<b>III.07</b>	Red board	<b>26</b>
<b>III.08</b>	Description des entrées/sorties de la carte ArduinoUno	<b>26</b>
<b>III.09</b>	Zoom sur la carte ArduinoUno	<b>27</b>
<b>III.10</b>	DHT 11	<b>28</b>
<b>III.11</b>	Photo d'un logiciel Arduino	<b>31</b>
<b>III.12</b>	Fonctionnement de logiciel Arduino	<b>31</b>
<b>Chapitre IV. Réalisation et tests</b>		
<b>IV.01</b>	Architecture du système	<b>34</b>
<b>IV.02</b>	Schéma bloc du nœud de capteurs	<b>35</b>

## Mise en place d'un réseau de capteurs sans fils pour la surveillance des forêts

---

<b>IV.03</b>	<b>Carte Arduino Uno wifi</b>	<b>36</b>
<b>IV.04</b>	<b>Capteur de température et d'humidité DHT11</b>	<b>38</b>
<b>IV.05</b>	<b>Brochage du DHT11</b>	<b>39</b>
<b>IV.06</b>	<b>Anémomètre</b>	<b>40</b>
<b>IV.07</b>	<b>Brochage de l'anémomètre</b>	<b>41</b>
<b>IV.08</b>	<b>L'afficheur LCD I2C 2004A</b>	<b>41</b>
<b>IV.09</b>	<b>Le brochage de LCD</b>	<b>42</b>
<b>IV.10</b>	<b>Declaration des bibliothèques</b>	<b>43</b>
<b>IV.11</b>	<b>Declaration des variables , constants et paramètres WIFI</b>	<b>43</b>
<b>IV.12</b>	<b>La fonction setup</b>	<b>44</b>
<b>IV.13</b>	<b>Recuperation des données</b>	<b>44</b>
<b>IV.14</b>	<b>Connexion au serveur et envoie des données</b>	<b>45</b>
<b>IV.15</b>	<b>Organigramme</b>	<b>46</b>
<b>IV.16</b>	<b>Capture d'écran de la page de réception</b>	<b>47</b>
<b>IV.17</b>	<b>Capture d'écran de la page d'affichage de la dernière donnée</b>	<b>47</b>
<b>IV.18</b>	<b>Capture d'écran de la base donnée créée</b>	<b>48</b>
<b>IV.19</b>	<b>Page principale</b>	<b>49</b>
<b>IV.20</b>	<b>Page d'affichage numérique</b>	<b>50</b>
<b>IV.21</b>	<b>Page présentation graphique</b>	<b>50</b>
<b>IV.22</b>	<b>Page présentation graphique avec fonction supplémentaires</b>	<b>51</b>
<b>IV.23</b>	<b>Schéma d'assemblage de l'ensemble des parties de l'application</b>	<b>51</b>
<b>IV.24</b>	<b>Prise de photo du montage</b>	<b>52</b>
<b>IV.25</b>	<b>Prise de photo de l'afficheur LCD</b>	<b>53</b>
<b>IV.26</b>	<b>Enregistrement des données sur la base</b>	<b>53</b>
<b>IV.27</b>	<b>Page donne numériques</b>	<b>54</b>
<b>IV.28</b>	<b>Page données graphique</b>	<b>54</b>

## Introduction Générale

---

Une forêt est définie comme une parcelle de terrain où poussent principalement des arbres, des arbustes, des herbes, des algues, des champignons et des espèces animales. Les forêts diffèrent par leur étendue, leur densité, leur taille et leur type selon le climat, le sol, l'altitude et les ressources en eau. Ils sont répartis dans différentes zones sur la terre.

Les forêts ne sont pas seulement une vaste couverture verte, mais elles présentent un intérêt important économique et industriel, car elles empêchent la dégradation et l'érosion des sols, protègent les sources d'eau et maintiennent la stabilité des montagnes. La forêt contribue à la régulation des circuits d'eau et la transpiration apaise l'atmosphère ; Il assure un air pur en absorbant le CO<sub>2</sub> et en soustrayant de l'O<sub>2</sub>, réduisant ainsi le réchauffement climatique, repoussant les vents et protégeant le sol de l'érosion. Les forêts fournissent des habitats à de nombreuses plantes et animaux qui ne peuvent y vivre. Ce qui rend important, que nous accordions plus d'attention aux forêts et aux arbres qui nous entourent afin que la vie et le cycle de la vie se poursuivent sur la planète Terre. Les forêts sont menacées de nombreux dangers, y compris la coupe et le sur-pâturage, mais les plus dangereux sont les incendies. Ces risques sont les incendies, où plus de 95% des incendies de forêt sont le résultat de pratiques négatives de la population.

En Algérie, chaque année en moyenne plus de 36.000 hectares de forêts sont détruits par les feux [1]. Les pertes économiques dans le secteur forestier générées par ces feux, entre 1985 et 2006, se chiffrent à plus de 113 milliards de dinars algériens. Cette évaluation financière ne prend en compte que la valeur marchande des produits perdus (bois, liège, broussailles, alfa, arboriculture...), sans tenir compte des dépenses annuelles pour la lutte. De plus, il faut ajouter à cela une perte à long terme de la biodiversité et de l'équilibre des écosystèmes forestiers qui reste difficile à chiffrer. La prévention et la détection précoce constituent les seuls moyens de réduire le coût des dégâts causés.

Les avancées technologiques qui ont touché le domaine électronique, et plus spécifiquement, la miniaturisation des dispositifs microélectroniques, ont permis d'ouvrir un portail devant un spectre très large d'applications qui visent à résoudre de grands problèmes où les premières solutions n'ont pas été prévues. Comme résultat de ces avancées, on trouve les technologies de l'internet des objets (internet of things IoT), qui sont largement utilisées dans les communautés scientifiques, industrielles et environnementales. Grâce à ses différents avantages. Cette technologie est largement utilisée car elle est arrivée à fournir des solutions fiables et rentables pour une variété d'applications qui collectent et traitent des données du monde réel allant de la surveillance de la santé, la collecte de données scientifiques, la surveillance de l'environnement et les opérations militaires.

## Introduction Générale

---

Nous sommes intéressés dans ce mémoire pour mettre en place un système de télésurveillance des paramètres environnementaux (températures, humidité, vitesse de vent), qui présentent l'un des facteurs essentiels à l'origine des incendies de forêt. Ce qui permet aux services concernés d'identifier les endroits les plus vulnérables aux incendies de forêt, Et donc, les permettent d'élaborer un plan de feux afin de planifier un dispositif d'intervention rapide et efficace et moins coûteux.

Outre ce chapitre introductif, Le manuscrit est structuré en quatre autres chapitres :

Au chapitre I, nous avons donné un aperçu général des incendies de forêts et de leurs risques.

L'étude théorique sur les technologies de réseaux de capteurs sans fil fait l'objet du chapitre II,

Le Système Arduino et les capteurs utilisés, leurs caractéristiques et leurs applications sont ensuite présentés au chapitre III.

C'est au chapitre IV. Nous présentons notre prototype, qui consiste en un système de télésurveillance des vergers de pommiers. Enfin nous avons conclu par une conclusion générale et quelques travaux en perspectives.

**CHAPITRE I :**  
**LES RISQUES**  
**D'INCENDIE DE**  
**FORET**

### **I.1. Introduction :**

L'Algérie est l'un des pays méditerranéen, où le problème des incendies de forêts se pose avec acuité. Si en valeur absolue les superficies brûlées restent relativement faibles au regard d'autres pays du bassin méditerranéen, la rareté des forêts et la désertification font que ces incendies ont un impact particulièrement désastreux, sachant que l'Algérie ne possède que 4,1 millions d'hectares de forêts, soit un taux de boisement de moins de 2%.

Malgré la stratégie de prévention et de lutte contre les feux de forêts mise en place, qui aurait dû permettre d'éviter le pire et de préserver ces écosystèmes. Chaque année des milliers d'hectares de forêts brûlent.

L'objectif de cette communication est de vous présenter quelques chiffres liés au bilan des feux de forêts en Algérie, les mesures de ripostes mises en place par la Direction Générale des Forêts et quelques pistes pour un développement durable des forêts algériennes.

#### **I.2.1. La recherche des causes d'incendies de forêt :**

Les statistiques sur les causes des incendies de forêt en Algérie sont loin d'être complètes, mais il est évident que la plupart des incendies sont déclenchés par l'homme. Les causes exactes des feux de forêts sont variables d'une région à l'autre et sont difficiles à établir avec exactitude. Au niveau local, les rapports d'incendies actuels désignent dans 86% des cas, la formule: "cause volontaire, auteur inconnu". Les analyses ont déjà mis en évidence la question des feux pastoraux, dont l'ampleur échappe à leurs auteurs et qui sont la cause principale des incendies dans les régions où le feu est le moyen le plus économique de "régénérer" des pâturages envahis par des ligneux et d'ouvrir des maquis impénétrables.

Une autre cause, non moins importante de développement des incendies est la culture sur brûlis, notamment, pour les arachides, l'extension des vides labourables (clairière réservées à l'agriculture) et la mise à nue par le feu des terres à vocation forestière pour des cultures spéculatives. Cette pratique a été favorisée par des textes permettant l'accès à la propriété foncière par la mise en valeur des terres, conçues à l'origine pour le Sahara et qui a été étendue également à l'ensemble du territoire national.

Les populations urbaines sont particulièrement insensibles au danger des incendies et à leurs conséquences potentiellement dangereuses. De nombreux citoyens ne considèrent pas les feux de forêt comme une menace, même au cœur de l'été. L'inconscience des fumeurs et des touristes qui font du feu pour cuire leurs aliments est la source de beaucoup d'incendies. Une cause de plus en

plus importante est le brûlage de grandes quantités de déchets solides laissés par les touristes ou produits par les autres utilisations des forêts à des fins récréatives, souvent effectué sans prendre les précautions nécessaires.

Des incendies, en nombre croissant, sont allumés non à des fins utilitaires mais dans le seul but de détruire pour diverses raisons, y compris la vengeance privée et les conflits que soulèvent le droit de propriété, les droits de chasse et même les politiques forestières gouvernementales. Les incendies ont aussi pour but d'essayer de modifier la classification de l'utilisation des terres. Dans certaines parties de l'Algérie, de vastes zones forestières ont été détruites par des promoteurs immobiliers peu scrupuleux [1]

### **I.2.2. Cause des incendies de forêts :**

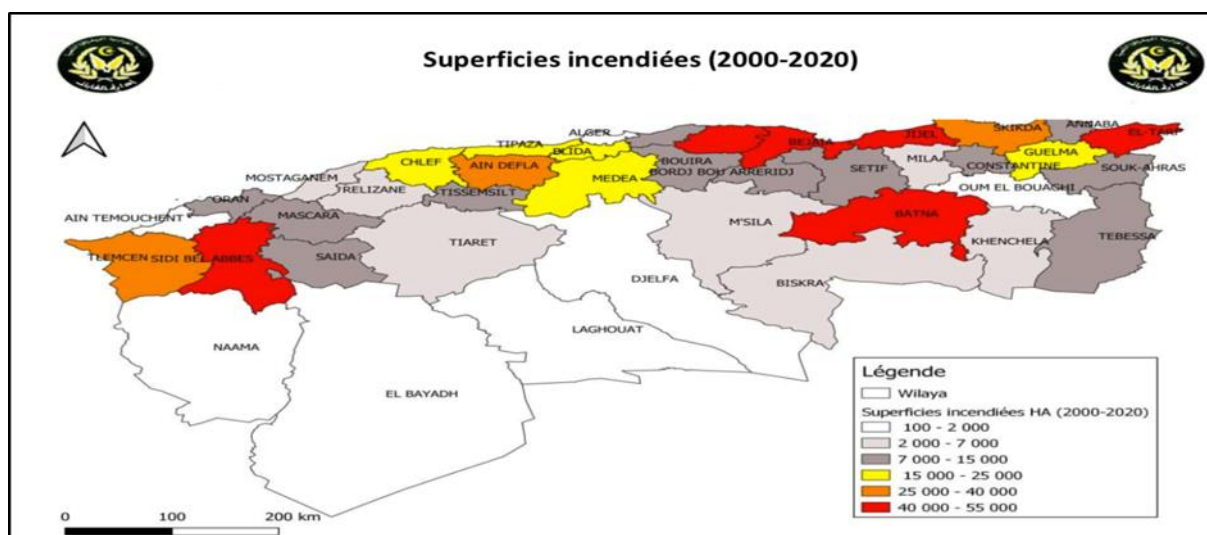
#### **I 2.2.a. Incendies dus à des actions anthropiques**

**Tableau 1.1 : Les causes d' incendie**

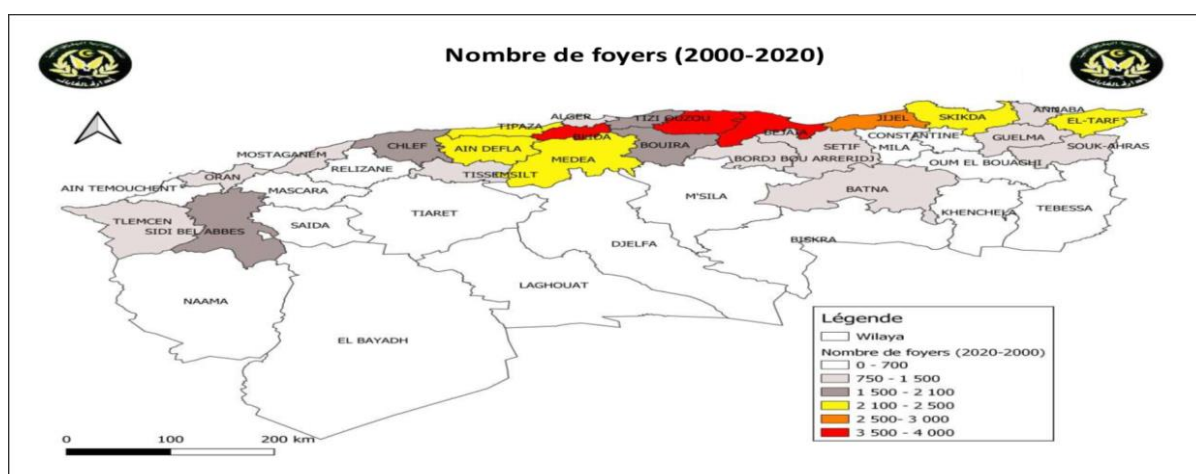
<b>Origine de l'incendie</b>	<b>Exemple</b>
Terrain agricole	Brûlage des rémanents, écobuage (débroussaillage par le feu).
Décharge sauvage	Brûlage de déchets.
Tourisme en forêt	Barbecues et feux de camp.
Habitations à proximité des forêts	Brûlage des rémanents de jardins, utilisation du feu pour la cuisson (galette, pain etc.).
Défrichement	Extension pour l'agriculture, construction d'habitations ou investissements touristiques.

**Tableau 1.2 : Les causes anthropiques**

Naturelles	Anthropique
<p>La végétation ne s'enflamme pas seule, même par forte sécheresse, l'unique cause naturelle connue dans le Bassin Méditerranéen est la foudre.</p> <p>Un phénomène relativement rare en région méditerranéenne, il ne concerne que 1 à 5 % des cas d'incendies.</p>	<p>Représentent l'essentiel des origines des incendies de forêts. Globalement, pour l'ensemble des pays du Bassin Méditerranéen, on retrouve des incendies dus à des causes involontaires (imprudences) et des incendies volontaires.</p>



**Figure 1.1 : superficies incendiées 2000-2020**



**Figure 1.2: nombre de foyers 2000-2020**

### I.2.3. Stratégie de prévention et de lutte contre les incendies de forêts :

Cette stratégie est mise en œuvre à travers le dispositif opérationnel de prévention et de lutte contre les incendies par la Direction Générale des Forêts avec la coordination de partenaires, notamment la protection civile pour la lutte et d'autres secteurs en ce qui concerne les actions de prévention. [1] Ce dispositif compte 03 volets :

01

#### Prévention,

à travers les travaux sylvicoles, ouverture et entretien des pistes forestières, entretien des tranchées par feu, ainsi que la construction et l'aménagement des points d'eau, sans oublier la sensibilisation

02

#### Organisationnel,

conformément au décret n° 07-301 du 27 septembre 2007, modifiant et complétant le décret n°80-184 du 19 juillet 1980, portant mise en place des organes de coordination des actions de protection des forêts.

03

#### Intervention,

à travers un dispositif renforcé en moyens humains et matériels, (postes de vigie, brigades mobiles, CCFFL, et camions ravitailleurs).

### I.3. Organization:

#### I.3.1. L'organisation sur terrain est la suivante:

La Commission Nationale de la Protection des Forêts (CNPF) sous la présidence de Monsieur le Ministre de l'Agriculture et du Développement Rural installée avant chaque début de campagne des feux de forêts.

La promulgation des arrêtés de wilayas portant approbation des plans feux de forêts et fixant les modalités de mise en œuvre des mesures préventives et la mobilisation des moyens dans le cadre du dispositif de lutte préconisé.

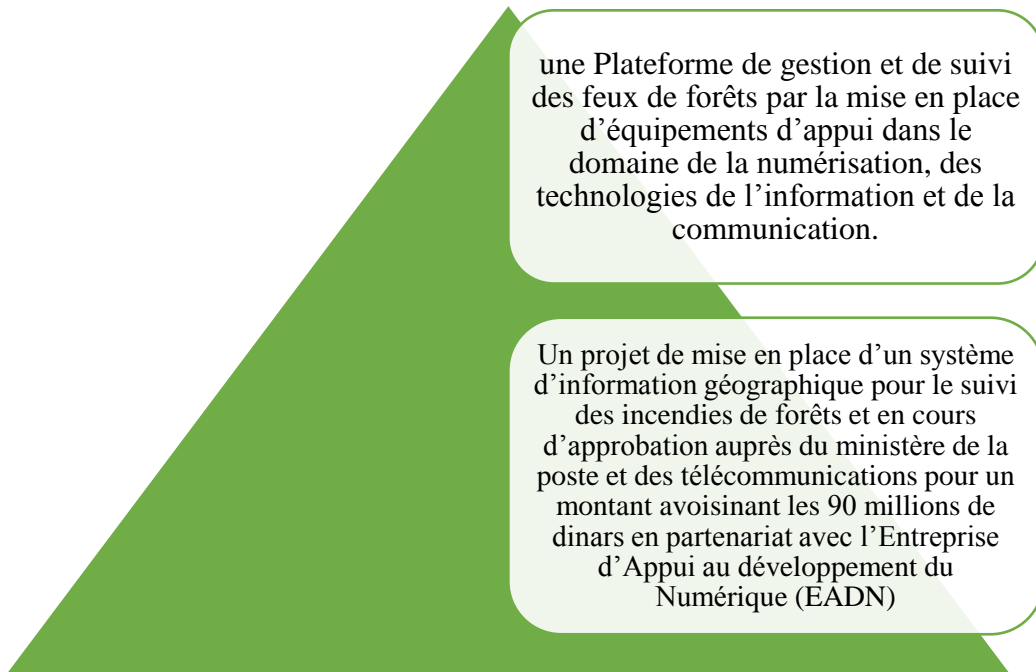
L'installation de quarante (40) comités opérationnels de wilaya, pour la coordination des opérations et la mobilisation des moyens de lutte sur le territoire de la wilaya.

L'installation des comités opérationnels communaux qui ont un rôle de coordination des actions de lutte, au niveau communal, en mobilisant les moyens nécessaires.

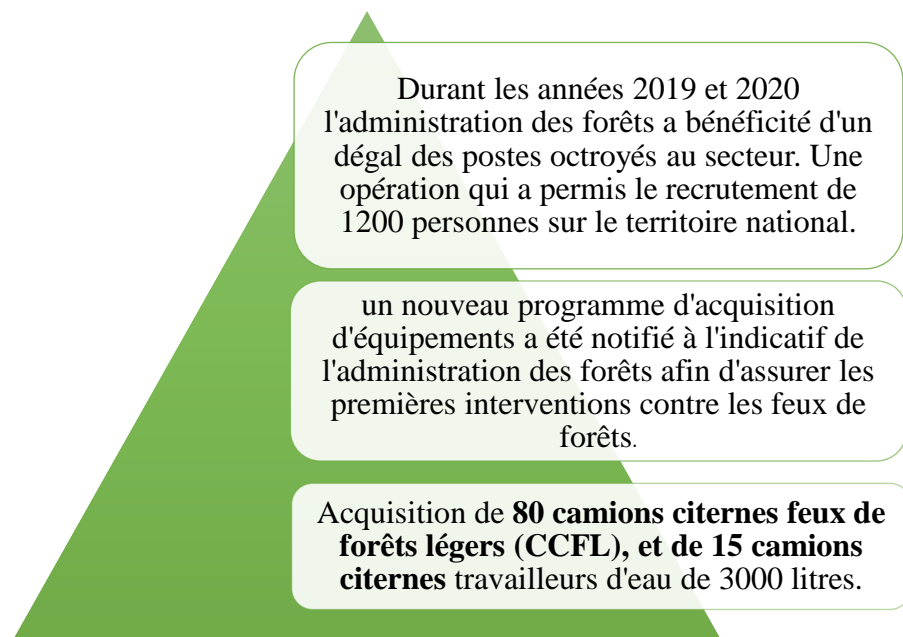
La mise en place des comités opérationnels de daïra qui coordonnent les opérations de lutte au niveau des communes placées sous l'autorité de chaque daïra.

L'installation des comités de riverains qui jouent un rôle très important dans la surveillance des feux de forêts, l'alerte et la première intervention sur les foyers de feux naissants.

### I.3.2. Modernisations de la salle des opérations et de suivi des incendies:



### I.3.3. Renforcement en moyens humains et matériels :



### **I.3.4. Les moyens de lutte contre les incendies de forêts en Algérie :**

L'aménagement forestier est l'un des moyens le plus adéquat pour lutter contre les incendies de forêt. Les plans d'aménagement intègrent toutes les infrastructures nécessaires en matière de défense des forêts contre les incendies à savoir:

- L'ouverture et l'entretien de pistes;
- L'ouverture et l'entretien de T.P.F. (Tranchées Pare-Feu);
- L'installation de poste de vigie;
- La réalisation et l'aménagement de points d'eau;

Par ailleurs une surveillance des massifs forestiers par des brigades mobiles et les gardes forestiers doit être prévue particulièrement en été.

### **I.4. Différent type de feu :**

Un feu peut prendre différentes formes selon les caractéristique de la végétation et les conditions climatiques dans lequel il se développe':

#### **I.4.1. les feu de sols :**

Ils brûlent la matière organique contenue dans la litière, l'humus les tourbières, alimentés par incandescence avec combustion, ces feux en une faible vitesse de propagation.

#### **I.4.2. Les feux de surface :**

Ils consomment les strates basses de la végétation et se propagent en général par rayonnement ou convection. Ils affectent la garrigue ou les landes.

#### **I.4.3. Les feux de cimes :**

Ils atteignent la partie supérieure des arbres (ligneux hautes) et forment une couronne de feu qui libère en général de grandes quantités d'énergie. Leur vitesse de propagation est très élevée et ils sont particulièrement intenses et difficiles à contrôler lorsque le vent est fort et le combustible sec.

#### **I.4.4. Feux de braises :**

Les braises sont produites par des feux de cimes ou pour certaines conditions de vent et de topographie. Ces braises sont transportés à distance et sent alors à l'origine de foyer secondaires, les grandes branches peuvent brûler longtemps et être transportés très loin (Jusqu'à 10 au 20 Km dans les cas exceptionnelles).

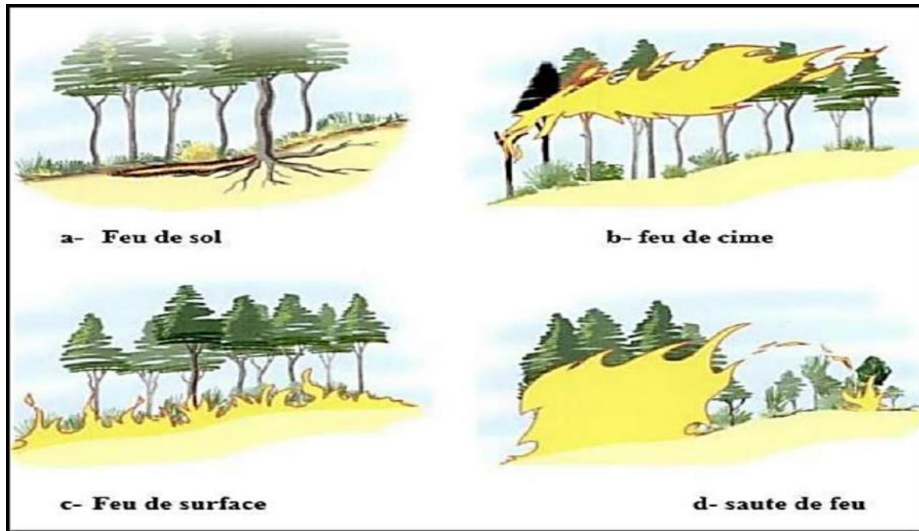


Figure 1.3 : Différents types des feux de forêts

## **I.5. L'étude du risque de feu de forêt :**

L'étude des incendies de forêt repose sur une connaissance précise des facteurs contribuant aux phénomènes, et les risques et enjeux sont appréhendés à travers plusieurs critères qui sont utilisés individuellement ou en combinaison

### **I.5.1. Des paramètres topographique :**

La topographie est une variable constante, c'est-à-dire qu'elle ne varie pas dans le temps. On peut donc facilement déterminer son influence.

Trois paramètres topographiques influencent les incendies de forêt à savoir:

#### **I.5.1.a. L'élévation du terrain :**

C'est un facteur physiographique important qui est lié au comportement du vent et affecte donc la propagation de feu. Le feu se déplace le plus rapidement vers le haut de la pente et le moins rapidement vers le bas de la pente.

#### **I.5.1.b. L'inclination des pentes:**

C'est un indicateur du taux de changement d'élévation (degrés). La pente affecte à la fois la vitesse et la direction de propagation du feu. Les incendies se déplacent généralement plus rapidement en montée qu'en descente.

### **I.5.1.c. L'exposition de la pente : "Aspect":**

Décrit la direction du taux maximum de changement d'élévation entre chaque cellule et ses voisins. Une pente avec un aspect est recevra la lumière directe du soleil plus tôt dans la journée qu'une pente reçoit moins de soleil qu'une pente orientée au Sud. Ainsi, les aspects Sud reçoivent plus de chaleur directe du soleil, asséchant à la fois le sol et la végétation

### **I.5.2. Paramètre de végétation :**

La végétation doit être prise en compte car certains types de végétation sont plus inflammables que d'autres, augmentant ainsi le risque d'incendie les carburants représentent la matière organique disponible pour l'allumage et combustion des feu. Le risque du carburant est déterminé sur la base type de couverts végétaux et densité du couvert forestier. À mesure que la quantité de matière inflammable dans une zone donnée augmente (par exemple en raison de l'accumulation de litière), la quantité de chaleur produite par le feu augmente également.

### **I.5.3. Les paramètres climatique :**

les facteurs climatiques influençant le comportement des incendies de forêt sont:

#### **I.5.3.a. La température :**

La principale source de chaleur est le soleil, les combustibles exposés au soleil se réchauffent plus rapidement que ceux sous couvert forestier.

Température moyenne du quantité le plus chaud : une température plus élevée rend les carburants très sensibles aux incendies, principalement en raison de la sécheresses.

#### **I.5.3.b. Le vent “la vitesse du vent”:**

Le vent augmente la combustion et la propagation en:

- Augmentant l'apport est en oxygène.
- Asséchant les combustibles.
- Favorisant le réchauffement des combustibles à l'avant du feu
- Influençant la direction de propagation de feu.
- Transportant les étincelles ou autres matières enflammées sur de grandes distances.

### I.5.3.c. L'humidité relative:

C'est la propagation, exprimé en pourcentage, entre la vapeur d'eau effectivement contenue dans l'air et la capacité d'absorption de l'air à une température donnée. Elle n'agit pas directement sur le phénomène d'opposition des incendies, mais elle conditionne la teneur en eau des combustibles.

En plus d'autres facteurs qui augmentent la gravité des incendies comme : **Précipitation** et **évapotranspiration**.

## I.6. Présentation de la forêt de Khenchela :

### I.6.1. Localisation géographique et administrative :

Née du dernier découpage administratif de 1984 de la wilaya mère de Batna, la wilaya de Khenchela est une 48 wilaya de Pays, elle Est situé au Nord-Est de l'Algérie, elle couvre une superficie de 975.6 Km<sup>2</sup>, soit 0,4% du Territoire national. Elle est composée de 08 Daïrassubdivisées un total de 21 commune et compte un population d'environ 415000 habitons. A l'est, elle est limitée par la wilaya frontalière de Tébessa, au Nord par celle d'Oum El- Bouaghi, au Nord-ouest par celle de Batna, au sud-ouest et au sud par les wilayas sahariennes de Biskra et El Oued.[2]



Figure 1.4: Géographie de khenchela

## **I.6.2. Le milieu naturelle :**

### **I.6.2.a. Le relief :**

le relief de la wilaya de Khenchela est composé de quatre grandes ensembles géographiques.

### **I.6.2.b. Les montagnes :**

35% de la superficie de la wilaya, à l'ouest de la wilaya se trouvent les plus hautes montagnes du massifs des Aurès (avec le mont chélia à 2328 m), dans la zone centrale les monts de Nememcha et au nord-est les montagnes de Tafrent ( Ain-Touila).

### **I.6.2.c. Les plateaux :**

Au Nord-Est (Mahmel et ouledRechache).

### **I.6.2.d. Les plaines:**

Elles sont situées au Nord et Nord-ouest de la wilaya , elles comprennent Remila, Bouhmama et m'toussa. Il est à noter que ces deux derniers ensembles sont parfois appelés les hautes plaines

**I.6.2.e. Les parcours:** steppiques, Sahariens et les cholts: Au Sud occupant près de la moitié de la superficie de la wilaya (56%) ils sont constitués en grande partie de terre sablonneuse avec à l'extrême sud, des dépressions (chotts) et de la zone.

On y trouve les pâturages et l'élevage des troupeaux à grande échelle.

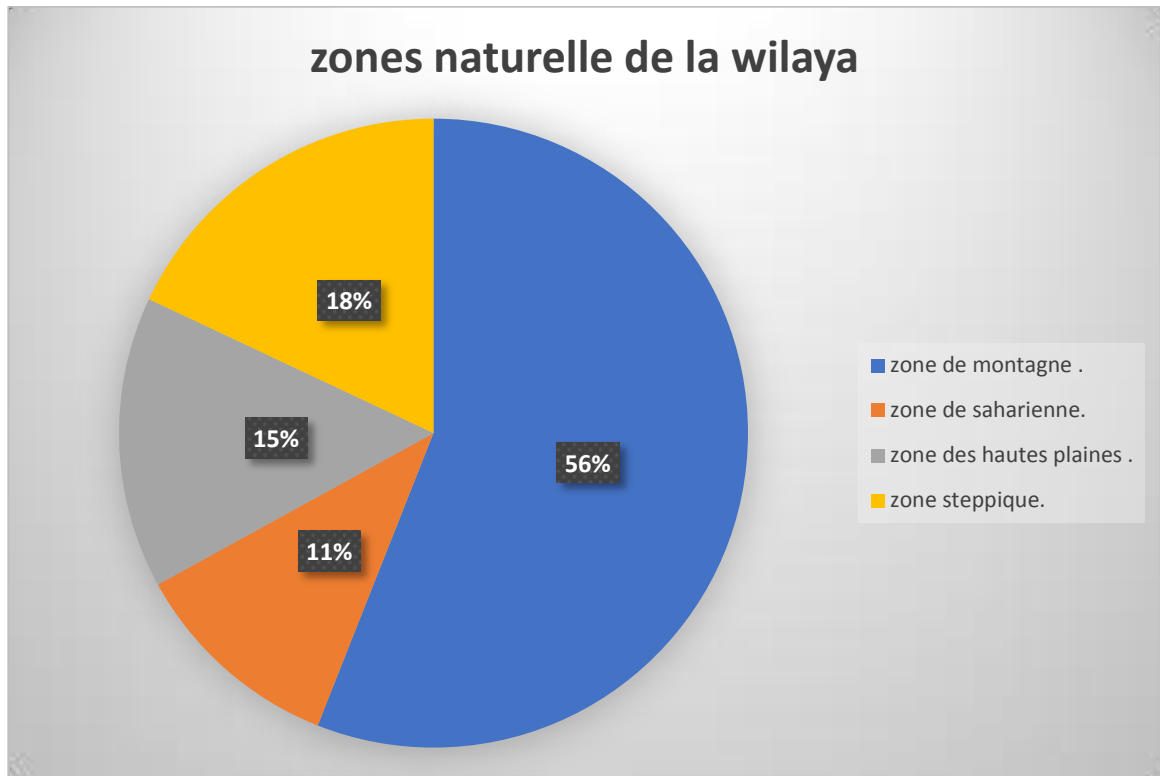


Figure 1.5 : Répartition des zones naturelles de khenchela

### I.6.3. Le climat :

L'hétérogénéité du relief, la situation géographique et l'allongement de Territoire Nord-Sud donnent une grande diversité à aspects climatiques sur de (relativement) courtes distances. Globalement le climat est de type Continental au Nord et Saharien à les hivers sont très froid avec pluviosité très variables selon les zones et les étés sont chauds et secs.

- Les Températures tournent autour de :
  - 2 C° pour la moyenne des minima
  - +25 C° pour la moyenne de maxima
  - 4,8 C° pour le minimum absolu
  - +42 C° pour le maximum absolu.

- Les précipitations:

Les régimes des précipitations mensuelles sont à l'origine de l'élément saisonnier, des régimes des cours d'eau, de l'adaptations la végétation et de l'agriculture [DGF], les hauteurs des précipitation mensuelles calculées pour le site étudié sont portées dans le Tableau 1 :

**Tableau 1.3 :** Précipitation moyenne mensuelle de la station de Khenchela (1994-2011) en mm.

P(mm)	jan	fév	mars	avr	mai	juin	juil	Aout	sept	oct	nov	déc	total
(1994-2011)	47.8	28.6	38.6	50.09	62.6	31.4	16.3	36.6	55.1	41.6	38.3	40.48	487.96
)	8		3		1	9	2	3	4	9	9		

**Tableau 1.4 :** classes des pentes de deux massifs.

Classe des pentes (%)	Intitulé de la classe	Superficie	
		Ouledyagoub	Beni Imloul
[0-0.5[	Horizontal	0.05	0.07
[0-5.2[	subhorizontal	0.07	0,90
[2-5[	Très faible	6.38	6,79
[5-10[	Faible	18.44	21.67
[10-15[	modéré	16.68	22.97
[15-30[	Forte	33.43	36.17
[30-45[	Très forte	15.65	8.71
[45-70[	Extrême	7.48	2.51
[70-10[	Abrupte	1.10	0.21
>100	Très abrupte	0.02	0.02
total		100	100

- Carte de risque de départ de feu des forestiers de Khenchela :

La figure (04) nous renseigne sur la variabilité spatiale du risque relatif (sensibilité) la probabilité d'occurrence des feux au niveau des massifs forestiers de la wilaya de Khenchela. D'après résultats obtenus les classes de risque (classes des sensibilités) élevé et très élevé (sensible et très sensible).

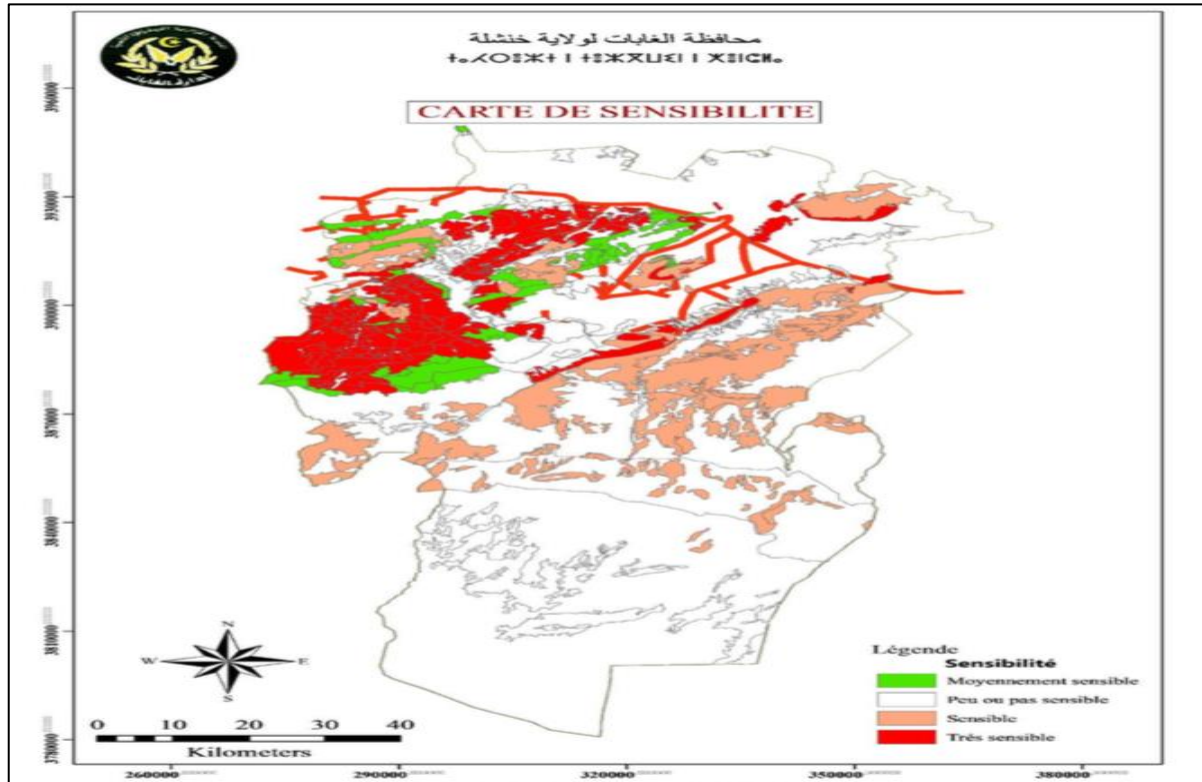


Figure 1.6 : Carte de risque (sensibilité) de Khenchela

### I.7. Conclusion :

Les forêts fournissent de nombreux produits et services écosystémiques (bois, champignons, chasse, récréation sans oublier son rôle essentiel dans la régulation du carbone et du climat).

Le défi est à relever en matière de préservation pour la valorisation de ces espaces, la biodiversité qu'ils renferment ainsi que la mise à profit des services écosystémiques forestiers. Ainsi le secteur des forêts pourra contribuer au développement socio-économique national résilient, inclusif et durable tel qu'il est préconisé dans le plan de relance économique 2020-2024.

**CHAPITRE II :**  
**Généralité sur les**  
**réseaux de captures**  
**sans fils**

### II.1. Introduction :

Les réseaux de capteurs sans fil constituent un cas particulier des réseaux sans fil sans infrastructure (réseaux ad hoc). En effet, ceux-ci sont constitués d'un ensemble de petits appareils, ou capteurs, possédant des ressources particulièrement limitées mais qui leur permettent d'acquérir des données sur leur environnement immédiat, de les traiter et de les communiquer. En effet, un réseau de capteurs peut être mis en place dans le but de surveiller une zone géographique plus ou moins étendue pour détecter l'apparition de phénomènes ou mesurer une grandeur physique (température, humidité, pression, vitesse...).

Nous présentons dans ce chapitre le concept des réseaux de capteurs sans fil ainsi que leurs applications et leurs spécificités intrinsèques.

### II.2. Définition :

Un réseau de capteurs sans fil (RCSF ou WSN : Wireless Sens of Network) est composé d'un grand nombre de nœuds distribués sur une zone donnée afin de mesurer une grandeur physique ou surveiller un évènement et de réagir en cas de besoin en envoyant l'information collectée à un ou plusieurs points de collecte, à l'aide d'une connexion sans fil. Dans un tel réseau, chaque nœud est un dispositif électronique qui possède une capacité de calcul, de stockage, de communication et d'énergie

### II.3. Architecture d'un nœud capteur :

L'évolution de l'architecture des capteurs est l'un des facteurs qui a permis l'essor de solutions à base de réseaux de capteurs. En effet les capteurs des générations précédentes avaient une architecture qui se limitait au capteur proprement dit (dispositif capable de mesurer une grandeur physique) et une unité d'alimentation (batterie, piles, etc...). Le détecteur d'incendies est le parfait exemple de ce type de capteur, celui-ci n'est composé que d'un système de capture alimenté par une pile, capable de détecter la fumée et de déclencher une alarme.

Les composants d'un capteur sans fil, mentionnés sur la Figure 1, sont décrits dans la suite

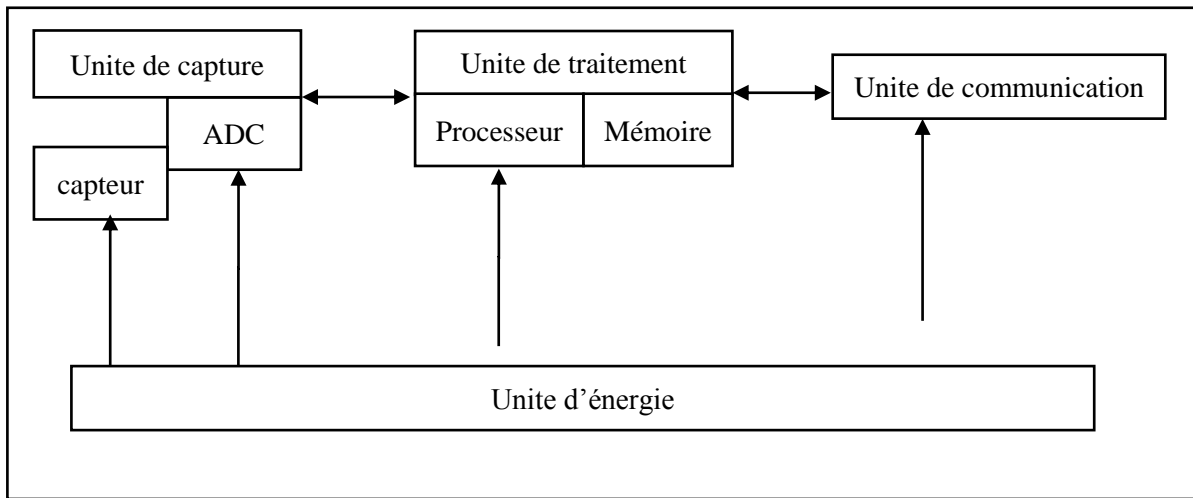


Figure 2.1: les composants d'un nœud capteur

**II.3.1. Unité de capture (*Sensing unit*):** elle est composée de deux sous-unités: un dispositif de capture physique qui prélève l'information de l'environnement local et un convertisseur analogique/numérique appelé ADC (*Analog to Digital Converters*)

**II.3.2. Unité de traitement (*Processing unit*):** les données captées sont communiquées au processeur où elles sont stockées dans la mémoire. Elle est généralement constituée d'un microcontrôleur dé dié et de la mémoire. Les micro contrôleurs utilisés dans le cadre de réseaux de capteurs sont à faible consommation d'énergie. Leurs fréquences sont assez faibles, moins de 10 MHz pour une consommation de l'ordre de 1 mW. Une autre caractéristique est Rapport

final PNR\_RCSF-DFE -Octobre 2013-

**II.3.3. Unité de communication (*Transceiver unit*):** elle est composée d'un module radio émetteur/récepteur permettant la communication entre les différents nœuds du réseau en utilisant les ondes radio.

### II.3.4 L'unité d'énergie :

Les capteurs sont de petits composants alimentés avec une batterie ou avec des piles. Pour qu'un réseau de capteurs reste autonome pendant une durée de quelques mois à quelques années sans intervention humaine, la consommation d'énergie devient le problème fondamental. Celle-ci n'est pas un grand problème pour les réseaux sans fil traditionnels, car on peut toujours recharger les batteries des dispositifs sans fil comme les téléphones portables ou les ordinateurs portables. Mais, dans un RCSF, il est difficile (parfois impossible dans certaines applications) de changer la batterie. Cette unité peut aussi contenir des systèmes de rechargement d'énergie à partir de

l'environnement observé telles que les cellules solaires, afin d'étendre la durée de vie totale du réseau.

### II.4. Caractéristiques principales d'un capteur :

Deux entités sont fondamentales dans le fonctionnement d'un capteur : l'unité d'acquisition qui est le cœur physique permettant la prise de mesure et l'unité de communication qui réalise la transmission de celle-ci vers d'autres dispositifs électroniques. Ainsi, chaque capteur possède un rayon de communication ( $R_C$ ) et un rayon de sensation ( $R_S$ ).

La Figure 06 montre les zones définies par ces deux rayons pour le capteur. La zone de communication est la zone où le capteur peut communiquer avec les autres capteurs. D'autre part, la zone de sensation (ou de détection) est la zone où le capteur peut capter l'évènement.

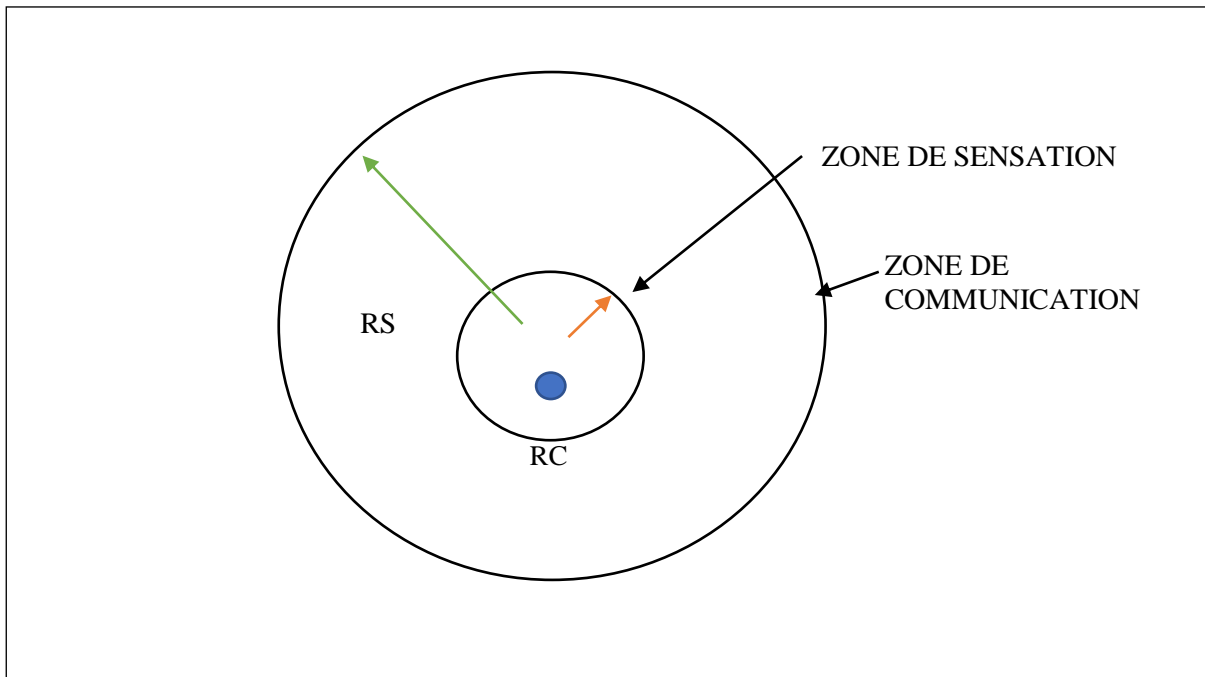


Figure 2.2: rayons de communication et de détection d'un capteur

### II.5. Architecture d'un réseau de capteurs sans fil :

Un réseau de capteurs sans fil est composé d'un grand nombre de nœuds. Chaque capteur est doté d'un module d'acquisition qui lui permet de mesurer des informations environnementales : température, humidité, pression, accélération, sons, image, vidéo etc.

Les données collectées par ces nœuds capteurs sont routées vers une ou plusieurs stations de base ou nœud puis (**sink** en anglais). Ce dernier est un point de collecte de données capturées.

Il peut communiquer les données collectées à l'utilisateur final à travers un réseau de communication, éventuellement l'Internet ou un satellite. L'utilisateur peut à son tour utiliser la station de base comme passerelle, afin de transmettre ses requêtes au réseau. (Voir la figure 03).

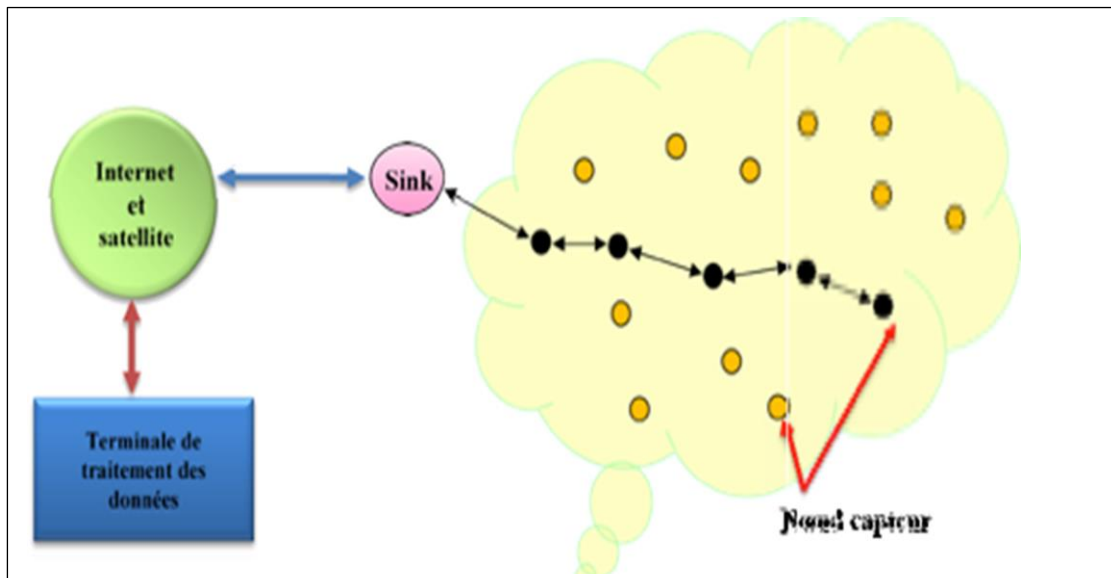


Figure 2.3: Architecture d'un Réseau de Capteur Sans fil

### II.6. Contraintes de conception des RCSF :

La conception et la réalisation des réseaux de capteurs sans fil sont influencées par plusieurs paramètres. Ces facteurs servent comme directives pour le développement des algorithmes et protocoles utilisés dans les RCSF.

#### Durée de vie du réseau

C'est l'intervalle de temps qui sépare l'instant de déploiement du réseau de l'instant où l'énergie du premier nœud s'épuise. Selon l'application, la durée de vie exigée pour un réseau peut varier entre quelques heures et plusieurs années.

#### Ressources limitées

En plus de l'énergie, les nœuds capteurs ont aussi une capacité de traitement et de mémoire limitée. En effet, les industriels veulent mettre en œuvre des capteurs simples, petits et peu coûteux.

#### Bande passante limitée

Afin de minimiser l'énergie consommée lors de transfert de données entre les nœuds, les

capteurs opèrent à bas débit. Typiquement, le débit utilisé est de quelques dizaines de Kb/s. Un débit de transmission réduit n'est pas handicapant pour un réseau de capteurs où les fréquences de transmission ne sont pas importantes.

### **Facteur d'échelle**

Le nombre de nœuds déployés pour une application peut atteindre des milliers. Dans ce cas, le réseau doit fonctionner avec des densités de capteurs très grandes. Un nombre aussi important de nœuds engendre beaucoup de transmissions internodales et nécessite que la station de base soit équipée de mémoire suffisante pour stocker les informations reçues.

### **Topologie dynamique**

La topologie des réseaux de capteurs peut changer au cours du temps pour les raisons suivantes:

- ❖ Les nœuds capteurs peuvent être déployés dans des environnements hostiles (champ de bataille par exemple), la défaillance d'un nœud capteur est donc très probable.
- ❖ Un nœud capteur peut devenir non opérationnel à cause de l'expiration de son énergie.
- ❖ Dans certaines applications, les nœuds capteurs et les stations de bases ont mobiles.

### **II.7. Agrégation de donnée :**

Dans les réseaux de capteurs, les données produites par les nœuds capteurs voisins sont très corrélées spatialement et temporellement. Ceci peut engendrer la réception par la station de base d'informations redondantes. Réduire la quantité d'informations redondantes transmises par les capteurs permet de réduire la consommation d'énergie dans le réseau et ainsi d'améliorer sa durée de vie. L'une des techniques utilisées pour réduire la transmission d'informations redondantes est l'agrégation des données.

Avec cette technique, les nœuds intermédiaires agrègent l'information reçue de plusieurs sources. Cette technique est connue aussi sous le nom de fusion de données.

### **II.8. Applications des réseaux de capteurs :**

L'utilisation des capteurs est depuis longtemps une réalité au sein de multiples domaines tel que l'industrie automobile ou aéronautique, mais l'affranchissement de la connexion filaire de part les progrès dans les technologies du sans-fil permet d'étendre leur utilisation à une multitude d'autres applications , on en cite quelques-unes:

Ils peuvent détecter les fissures et les altérations dans les structures de ponts par exemple à la suite d'un séisme ou au vieillissement de la structure.

Ils sont aussi utilisés dans les applications environnementales (détection d'incendies, détecter la pollution, analyser la qualité de l'air, surveiller d'éventuels tsunamis, inondations, volcan, etc.).

Utilisés dans les applications commerciales, ils servent pour améliorer les processus de stockage, de livraison, pour connaître la position, l'état et la direction d'une marchandise.

Ils peuvent être utilisés pour la détection de feux dans des grandes zones forestières, l'observation d'environnements naturels (pollution, inondation, etc.), suivi d'écosystèmes comme la surveillance d'oiseaux, croissance des plantes, etc.

Le déploiement d'un réseau de capteurs de mouvement peut constituer un système d'alarme qui servira à détecter les intrusions dans une zone de surveillance.

### **II.9. Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons essayé d'expliquer bien que brièvement la notion de capteurs, leurs caractéristiques et l'architecture des réseaux de capteurs sans fil entre autres.

Cela nous a permis de découvrir les multiples domaines d'utilisation de ces derniers vu la facilité d'utilisation, de déploiement et du faible coût des capteurs, sans pour autant oublier les contraintes auxquelles doit faire face n'importe quel protocole travaillant sur ces capteurs surtout celle concernant «la limitation de l'énergie » qui est une ressource qu'il faut gérer avec la plus grande précaution, étant donné qu'elle est en étroite liaison avec la durée de vie du réseau. Dans ce cadre en a proposé d'alimenté avec l'énergie solaire.

**CHAPITRE III :**  
**Généralité sur le**  
**systeme Arduino,**  
**capteurs et les**  
**logiciels utilisé**

## III.1. Système Arduino:

### III.1.1. Introduction:

Les cartes Arduino sont conçues pour réaliser des prototypes et des maquettes de cartes électroniques pour l'informatique embarquée. Ces cartes permettent un accès simple et peu coûteux à l'informatique embarquée. De plus, elles sont entièrement libres de droit, autant sur l'aspect du code source (Open Source) que sur l'aspect matériel (Open Hardware). Ainsi, il est possible de refaire sa propre carte Arduino dans le but de l'améliorer ou d'enlever des fonctionnalités inutiles au projet.

Le langage Arduino se distingue des langages utilisés dans l'industrie de l'informatique embarquée de par sa simplicité. En effet, beaucoup de bibliothèques et de fonctionnalités de base occultent certains aspects de la programmation de logiciel embarquée afin de gagner en simplicité. Cela en fait un langage parfait pour réaliser des prototypes ou des petites applications dans le cadre de hobby

- Le système Arduino permet de :
- Contrôler les appareils domestiques
- Fabriquer votre propre robot
- Faire un jeu de lumières
- Communiquer avec l'ordinateur
- Télécommander un appareil mobile (modélisme) Etc...

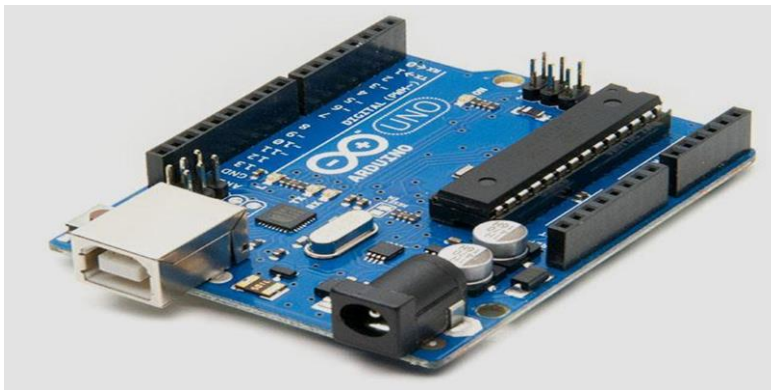


Figure 3.1: la carte Arduino UNO

### **III.1.2. Présentation générale :**

Arduino est une gamme de circuits électroniques open source basés pour la plupart sur un microcontrôleur du fabricant Atmel. Ces circuits intègrent les composants nécessaires pour permettre une utilisation rapide et simple du microcontrôleur. Cette simplification vise à rendre accessibles à tous la création et la programmation d'objets ou dispositifs interactifs.

Ces objets peuvent contenir toutes sortes de capteurs, d'indicateurs lumineux ou d'interrupteurs que l'on souhaite faire intervenir.

Entre autres, les cartes Arduino sont équipées de connecteurs standardisés pour brancher des modules compatibles appelés shields. Ces derniers sont des circuits d'une taille plus ou moins semblable à celle de l'Arduino et qui viennent s'empiler sur ces connecteurs. Ils proposent des extensions matérielles qui permettent d'ajouter des fonctionnalités originales à son projet.

En plus de ces connecteurs, les cartes possèdent toutes une connectique USB permettant de programmer facilement le microcontrôleur qu'elles embarquent.

#### **III.1.2.1. Description technique :**

Comme énoncé précédemment, il existe beaucoup de cartes Arduino différentes, mais elles possèdent toutes des éléments en commun.

#### **III.1.2.2. Alimentation :**

Le microcontrôleur présent en général sur les cartes Arduino est alimenté par une tension de 5V. En fonction du modèle de la carte, cette tension peut être fournie soit par une des prises d'alimentation présentes sur la carte, soit par la prise USB utilisée pour la connecter à un ordinateur. La valeur de la tension à fournir sur une des prises d'alimentation doit être comprise entre 7 et 12V mais cette tension n'a pas besoin d'être stabilisée en raison de la présence d'un régulateur de tension sur la carte.

Raccorder la branche positive de son alimentation à cette broche, comme on le ferait pour une pile, et la branche négative sur une broche GND.

#### **III.1.2.3 Horloge :**

L'horloge détermine la fréquence ou la rapidité à laquelle les instructions seront exécutées par le microcontrôleur. Cette vitesse peut varier d'un microcontrôleur à l'autre et est exprimée en hertz(Hz). Si les PC et Mac peuvent atteindre des fréquences de plusieurs gigahertz, la fréquence est en revanche beaucoup plus faible pour les microcontrôleurs, avec des fréquences de quelques mégahertz seulement. Cette fréquence est déterminée par un oscillateur à quartz ou résonateur céramique.

### III.1.2.4 Reset :

Le reset est une fonction physique permettant au microcontrôleur, comme son nom l'indique, de réinitialiser son état. Un microcontrôleur exécute en effet les instructions contenues dans sa mémoire de manière cyclique et infinie. Il n'est ainsi pas rare, notamment lors de la conception de son circuit et infinie. Il n'est ainsi pas rare, notamment lors de la conception de son circuit, que le programme soit soumis à une erreur bloquant le bon déroulement du programme.

### III.1.2.5 Entrées/sorties :

Les entrées et sortie sont les moyens que possède le microcontrôleur pour communiquer avec le monde extérieur. Typiquement, on appelle entrées / sorties les pattes métalliques qui donnent cette forme familière aux puces électroniques. Ces pattes reçoivent ou émettent des signaux logiques qui peuvent alors être interprétés par le microcontrôleur ou d'autres circuits.

On peut ranger ces broches par catégorie suivant leur fonctionnalité :

- Les broches digitales : ces broches fournissent des données digitales sous forme de signaux logiques. Elles ne peuvent donc contenir que deux valeurs, un 0 logique correspondant à une absence de tension et une logique correspondant à une tension de 5V.
- Les broches analogiques : ces broches ne fonctionnent qu'en entrée, c'est-à-dire qu'elles ne servent qu'à la lecture de données. Elles acceptent des tensions comprises entre 0 et 5V. ces tensions sont ensuite utilisées par un convertisseur analogique/numérique qui s'occupe de traduire ces valeurs physiques en données numériques sur 10 bits, soit des données comprises entre 0 et 1023.
- Les broches d'alimentation : ces broches servent à alimenter des shields ou circuits externes.
- Elles permettent également d'alimenter la carte Arduino sans passer par la prise jack présente sur certains modèles.
- Les broches de communication : il existe trois ports de communication sur la carte
- Arduino : le port série, le port I<sup>2</sup>C et le port SPI. Ces ports ne disposent pas de broches dédiées à leur fonctionnement. Ils partagent en revanche leur fonctionnalité avec d'autres broches.

### III.1.2.6.Mémoire :

Les microcontrôleurs ATmega dont sont équipées la plupart des cartes Arduino disposent de trois types de mémoires : la mémoire flash, la SRAM (static Random Access Memory ou mémoire vive statique) et le EEPROM (Electrically-Erasable Programmable Read- Only Memory ou mémoire morte effaçable électriquement et reprogrammable).

---

### III.1.2.7. Le matériel

Il s'agit d'une carte électronique basée autour d'un microcontrôleur Atmega du fabricant Atmel, dont le prix est relativement bas pour l'étendue possible des applications.



Figure 3.2: carte Arduino

### III.1.3. Types de carte Arduino :

Il existe plusieurs types de cartes Arduino, nous citons :

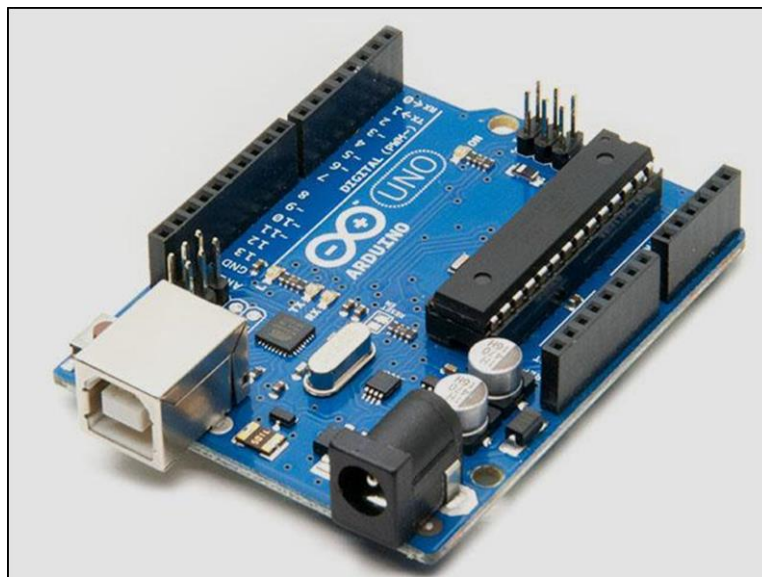


Figure 3.3: Arduino UNO

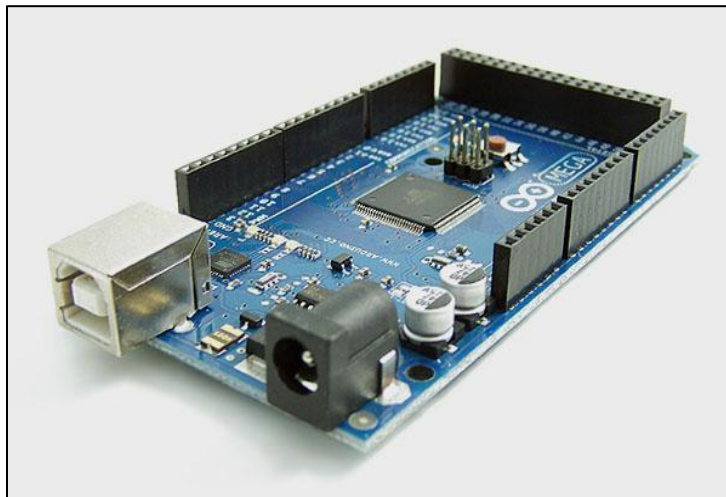


Figure 3.4: Arduino Méga

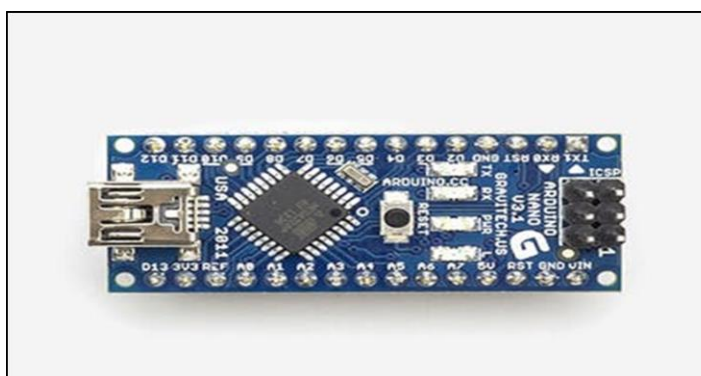


Figure 3.5: Arduino Nano



Figure 3.6: Arduino YUN

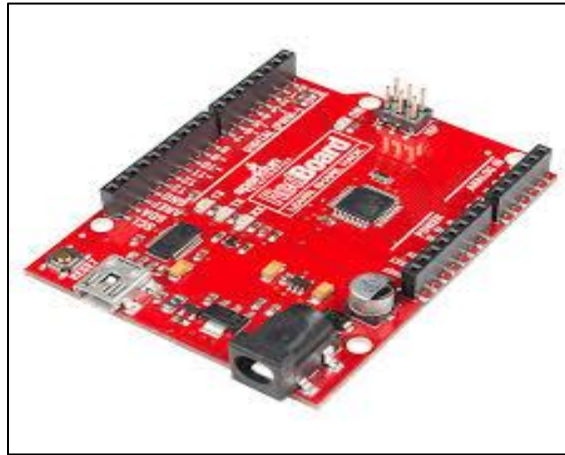


Figure 3.7: RED BOARD

### III.1.3.1. La carte Arduino UNO :

- **Présentation :**

La carte ArduinoUno est le produit populaire parmi les cartes Arduino. Parfaite pour débiter la programmation Arduino, elle est constituée de tous les éléments de base pour construire des objets d'une complexité relativement faible.

La carte ArduinoUno, comme son nom l'indique, a été la première à utiliser la version de programmation Arduino 1.0, et elle est devenue le symbole de l'univers Arduino.

La carte ArduinoUno est constituée de 14 broches d'entrées/sorties digitales, dont six sont utilisables en PWM, de 6 broches d'entrées analogiques, d'une connectique USB, d'une connectique d'alimentation, d'un port ICSP et d'un bouton RESET.

La description de toutes les connectiques de la carte Arduino UNO est présentée dans les deux images ci-dessous :

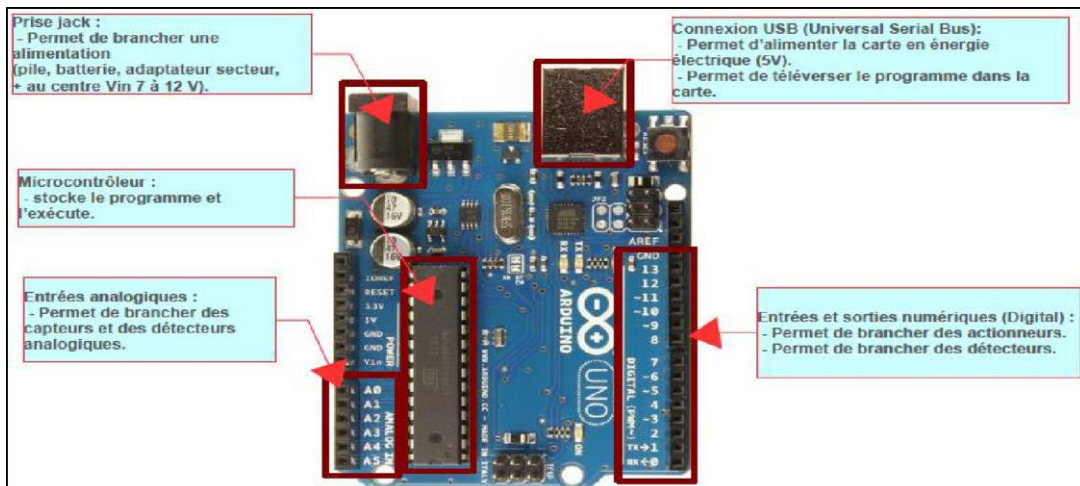


Figure 3.8: Description des entrées/sorties de la carte ArduinoUno

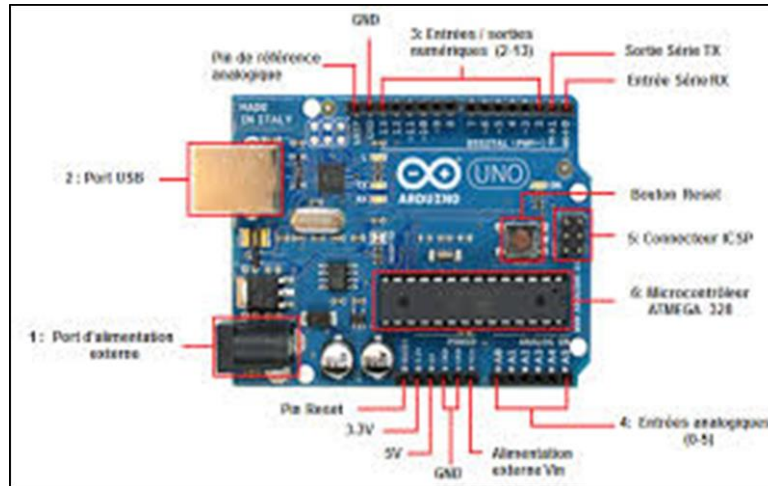


Figure 3.9: Zoom sur la carte ArduinoUno

### III.1.3.2. Ces avantages :

- Pas cher !
- Environnement de programmation clair et simple.
- Multiplateforme : tourne sous Windows, ....
- Nombreuses bibliothèques disponibles avec diverses fonctions implémentées.
- Logiciel et matériel open source et extensible.
- Nombreux conseils, tutoriaux et exemples en ligne (forums, site perso etc....)

Existence de « shield » (boucliers en français) : ce sont des cartes supplémentaires qui se connectent sur le module Arduino pour augmenter les possibilités comme par exemple : afficheur graphique couleur, interface ethernet, GPS, etc...

Par sa simplicité d'utilisation, Arduino est utilisé dans beaucoup d'applications comme l'électronique industrielle et embarquée, le modélisme, la domotique mais aussi dans des domaines différents comme l'art contemporain ou le spectacle

## III.2 Les Capteurs utilisés :

### III.2.1 Introduction :

Les capteurs sont des composants de la chaîne d'acquisition dans une chaîne fonctionnelle, Les capteurs prélèvent une information sur le comportement de la partie opérative et la transforment en une information exploitable par la partie commande. Tel qu'un capteur est un dispositif électronique qui transforme une grandeur physique en une grandeur électrique mesurable, qui peut être interprétée par un dispositif de contrôle commande.

Une information est une grandeur abstraite qui précise un événement particulier parmi un ensemble d'événements possibles. Pour pouvoir être traitée, cette information sera portée par un support physique, on parlera alors de signal, Les signaux sont généralement de nature électrique ou pneumatique.

On peut caractériser les capteurs selon deux critères :

- En fonction de la grandeur mesurée, on parle alors de capteurs de température, devitesse, d'humidité, Etc.
- On peut alors classer les capteurs en deux catégories, les capteurs à contact qui nécessitent un contact direct avec l'objet à détecter et les capteurs.

Les caractéristiques générales des capteurs sont :

**L'étendue de la mesure** : c'est la différence entre le plus petit signal détecté et le plus grand perceptible sans risque de destruction pour le capteur.

**La sensibilité** : c'est la plus petite variation d'une grandeur physique que peut détecter un capteur.

**La rapidité** : c'est le temps de réaction d'un capteur entre la variation de la grandeur physique qu'il mesure et l'instant où l'information prise en compte par la partie commande.

**La précision** : c'est la capacité de répétabilité d'une information, d'une vitesse, ...

#### III.2.2 Capteur de température et d'humidité DHT11 :

C'est un capteur de Température et d'Humidité très apprécié pour sa simplicité de mise en œuvre et son coût peu élevé. Il ne requiert qu'une résistance de tirage et une alimentation 3V ou 5V pour fonctionner. Sa programmation est facile à l'aide des bibliothèques Arduino.

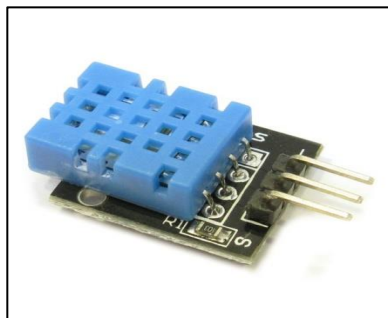


Figure 3.10: DHT 11

Le module numérique DHT11 délivre et reçoit un signal digital sur une entrée/sortie série unique. Ses deux capteurs analogiques sont une résistance qui détermine le taux d'humidité et une thermo-résistance de type NTC (Negative Temperature Coefficient) afin de mesurer la température.

La calibration du module est faite en usine et les paramètres sont sauvés dans une mémoire OTP (One Time Programming, comme celle vue en TD de PeiP1 sur les diodes). Le lien entre l'arduino et les capteurs est assuré par un microcontrôleur 8 bits. Une communication avec le module s'effectue sur 40 bits et dure typiquement 4ms.

### **III.2.3.1 Caractéristiques de DHT21 :**

- Alimentation : 3-5.5V DC
- Signal de Sortie : Signal Numérique via single-bus
- Capteur : Résistance Polymère
- Plage de Mesure : Humidité : 20-90%RH ; Température : 0-50°C
- Précision : Humidité +-4%RH (Max +-5%RH) ; Température +-2.0°C
- Résolution : Humidité 1%RH ; Température 0.1°C
- Hystérésis +-1%RH
- Stabilité +-0.5%RH/an
- Période de mesure : 2s
- Dimensions : 12x15.5x5.5

### **III.2.3.2. Caractéristiques techniques :**

Ceci est un capteur d'humidité simple qui peut être utilisé pour détecter lorsque qu'un sol est en déficit d'eau (niveau haut) et vice versa (niveau bas). Ce module peut être utilisé pour réaliser des systèmes d'arrosage automatique.

La sensibilité de ce module est ajustable via un potentiomètre numérique (En bleu sur la photo)

- Tension de fonctionnement : 3,3V-5V
- Module avec 2 sorties : Une analogique et une numérique. La sortie numérique est plus précise.
- Le module comprend des perçages pour faciliter la fixation.
- Taille du PCB : 3cm \* 1.6cm
- Indicateur de tension (LED rouge) and Indicateur de sortie numérique (LED verte)
- Le comparateur est basé sur un LM393 (très stable)
- Description des entrées / sorties
- VCC : 3 V-5V

- GND : GND
- DO : digital output interface (0 ou 1)
- AO : Analogue Output Interface

### III.3. Logiciels :

#### III.3.1. Logiciels ARDUINO :

Le logiciel permet de programmer la carte Arduino, Il offre une multitude de fonctionnalités. Le langage Arduino est inspiré de plusieurs langages. Le langage impose une structure particulière typique de l'informatique embarquée. Le programme est lu par le microcontrôleur de haut vers le bas. Une variable doit être déclarée avant d'être utilisée par une fonction.

La structure minimale est constituée :

- En tête : déclaration des variables, des constantes, indication de l'utilisation de Bibliothèques

- Un setup (= initialisation) cette partie n'est lue qu'une seule fois, elle comprend les fonctions devant être réalisées au démarrage (utilisation des broches en entrées ou en sortie, mise en marche du midi, du port série de l'I2C etc....)

- Une loop (boucle) : cette partie est lue en boucle ! C'est ici que les fonctions sont réalisées.

En plus de cette structure minimale, on peut ajouter :

- Des « sous-programmes » ou « routines » qui peuvent être appelées à tout moment dans la boucle, très pratiqué pour réaliser des morceaux de codes répétitifs.

- Des « callbacks », ce sont des fonctions qui sont rappelées automatiquement depuis une bibliothèque.

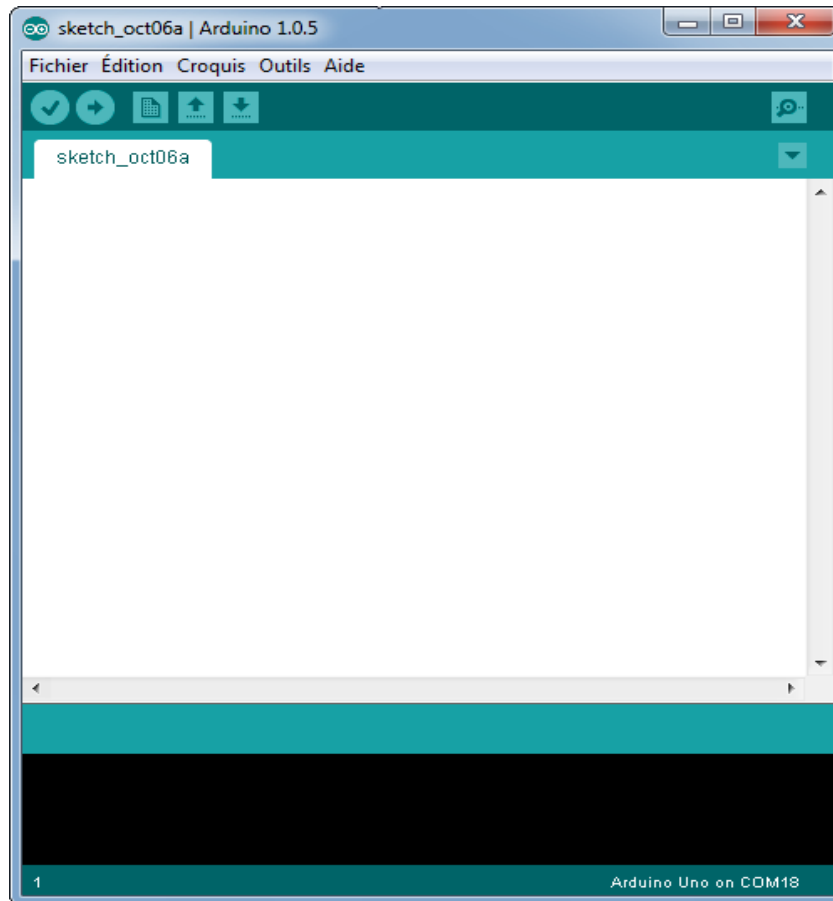


Figure 3.11: Photo d'un logiciel Arduino

L'interface du logiciel Arduino se présente de la façon suivante :

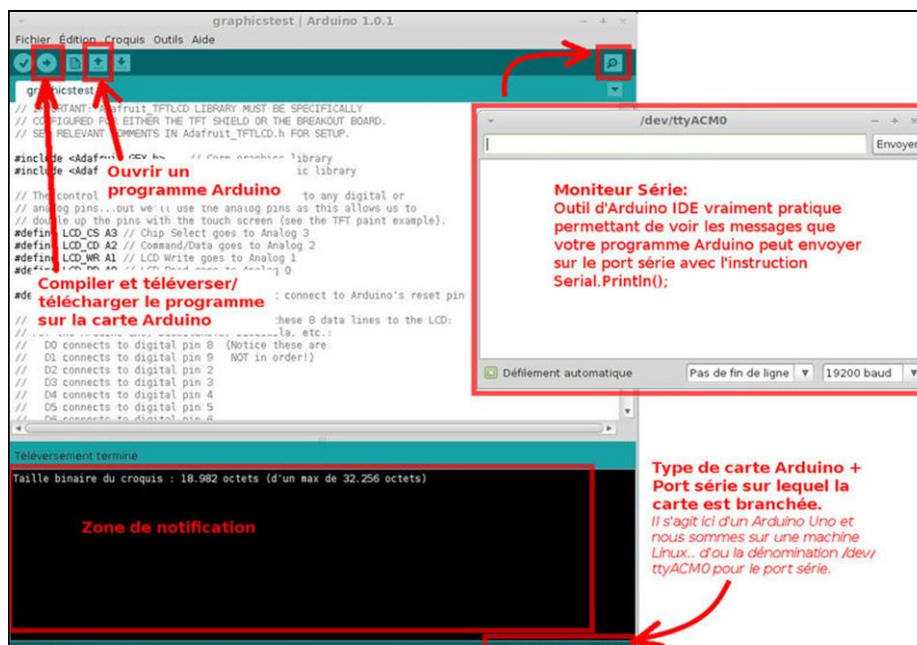


Figure 3.12 : Fonctionnement de logiciel Arduino

**III.4. Conclusion :**

Dans ce chapitre on a présenté le système Arduino et son avantage et son différent type de cartes. Nous avons aussi présenté les capteurs, car ils jouent des rôles de plus important de mesure les effets des phénomènes de tous qui agissent sur l'environnement de l'homme avec l'évolution de la technologie, en particulier leur importance s'accroît car il permette d'assurer la liaison homme – machine – environnement.

# **CHAPITRE IV :**

## **Réalisation et tests**

### IV.1. Introduction :

Dans ce chapitre, nous présentons une description détaillée de la solution proposée pour répondre aux spécifications de notre cahier de charge en abordant la conception précise de chaque partie du système afin d'obtenir une schématisation complète et précise.

A travers l'étude réalisée dans le deuxième chapitre, est parvenu à des conclusions qu'il y a plusieurs indicateurs affectant le risque d'incendie. Certaines de ces indicateurs sont fixes et ils sont liées à la nature de la forêt tels que les Indicateurs topographiques, de danger d'essence, et de l'activité humaine. En revanche, se trouve l'indice de risque météorologique qui est en pleine changement. Les plus importants paramètres météorologiques affectant le risque d'incendie sont la température, le taux d'humidité et la vitesse de vent.

Compte tenu de l'importance d'une carte de risque d'incendie lors de l'élaboration d'un plan de gestion des incendies par les services des forêts. Donc, le contrôle en permanence et en temps réel de ces paramètres est un impératif dans ce cas. Pour cela on a proposé dans ce chapitre une solution matérielle et logicielle intégrée, en basant sur les technologies d'internet des objets (internet of things « IoT »), qui permette au service concernés par les incendies des forêts de surveiller en temps réel ces paramètres météorologiques.

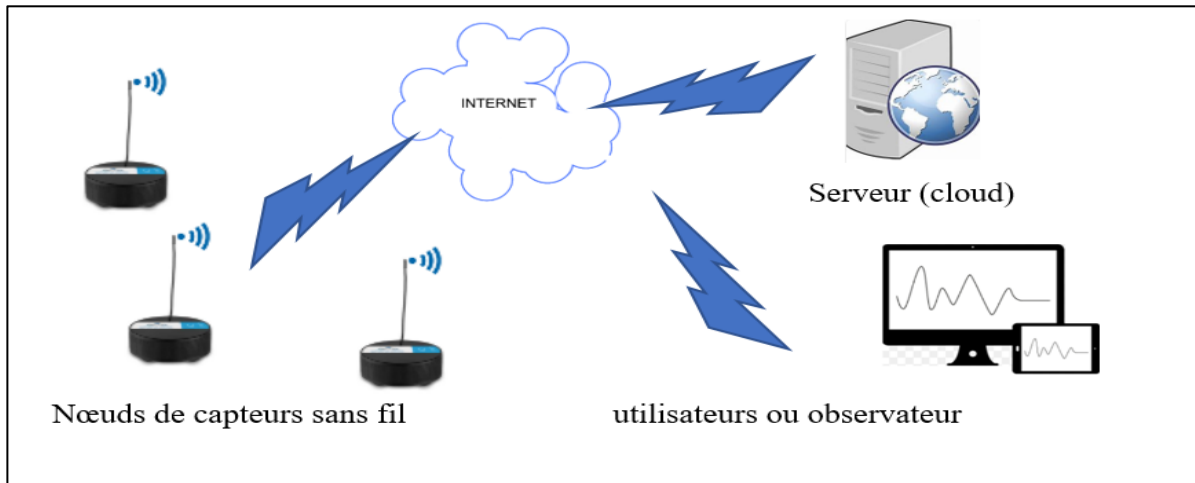
#### IV.1.2. Représentation du système :

Le système proposé a pour objectif la visualisation à distance des paramètres météorologiques, qui sont la température, le taux d'humidité et la vitesse de vent. Dans le but de les utiliser dans l'élaboration d'un plan de gestion des incendies.

Le système repose sur le déploiement d'un de nœuds de capteurs, à travers la forêt à surveillé. Et un serveur Web local voir la figure1. Où chaque nœud doit comporter l'ensemble des capteurs météorologiques et une connexion internet WIFI.

L'ensemble des nœuds doivent être implémenté dans des endroits bien étudié dans à travers forêts à surveiller.

Chaque nœud a pour objectif l'acquisition des mesures auprès des différents capteurs environnementaux utilisés. L'ensemble des données présentées doivent être traitées et rangées d'une façon particulière par le contrôleur, par la suite envoyer par le biais d'une connexion Internet sans fil 'WIFI' au serveur local en temps réel.



**Figure 4.1 : Architecture globale du système**

Les données seront reçues en permanence par le serveur, par la suite enregistrées dans une base de données. Ce qui permet la visualisation des données par l'intermédiaire d'un navigateur Web standard sur un périphérique (ordinateurs portables intelligents, Smartphones) connecté à Internet. Ce qui garantit une analyse des données afin d'élaborer un plan de gestion des incendies et donner les précautions à prendre et les interventions adéquates.

A partir du cahier des charges, nous devons trouver des solutions pour résoudre tous les problèmes techniques.

Le cahier des charges est le suivant :

- Le système doit rechercher une connexion internet pour connecter au serveur
- Le système doit mesurer la température, le taux d'humidité et la vitesse du vent d'un endroit dans la forêt.
- Le système doit transmettre en temps réel les données au serveur.
- Le serveur doit recevoir aussi en temps réel les données, et par la suite les enregistrer dans une base de données.
- L'utilisateur peut se connecter au serveur par l'intermédiaire d'un navigateur Web standard sur un appareil (ordinateurs portables intelligents, Smartphones, Tablet) connecté à Internet pour faire la visualisation et la présentation numérique ou graphique des données enregistrées soit online ou offline.

### IV.1.3. Étude du système :

Le système proposé est soumis à l'architecture illustrée par la figure 20. Il est constitué de deux parties principales. Le nœud de capteurs et le serveur local.

#### IV.1.3.1. Le nœud de capteurs :

Le nœud de capteurs se présente comme un système embarqué, a pour but l'acquisition des grandeurs physiques température, humidité et vitesse de vent des différents capteurs et la transmission de la mesure via une connexion wifi au serveur local. Il comporte une unité de traitement principal, un ensemble de capteurs environnementaux ainsi qu'une interface homme machine constituée d'un afficheur LCD pour la visualisation locale des données. La figure 2 présente la structure de cette partie.

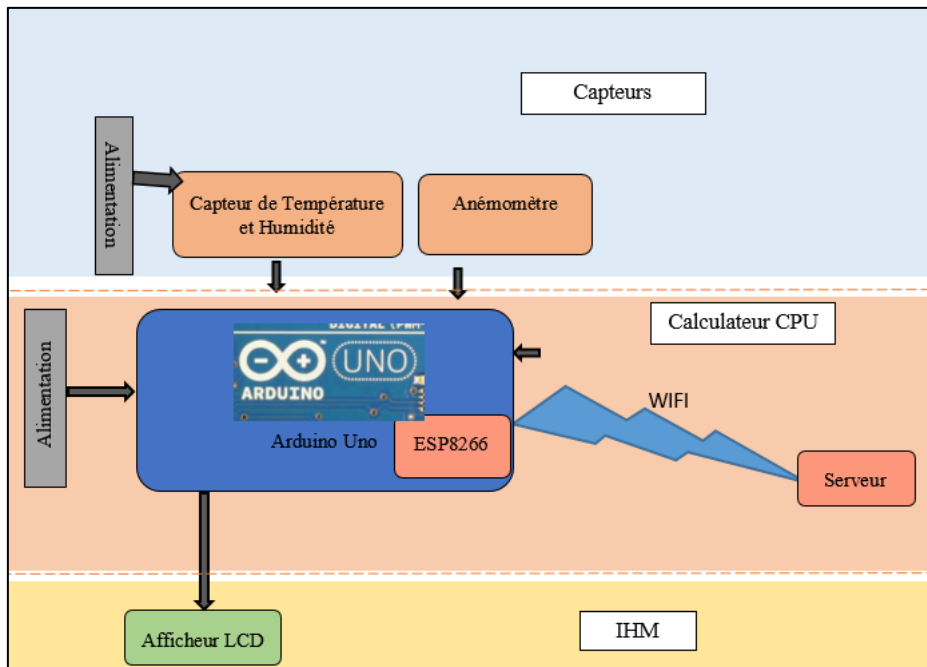


Figure 4.2 : Schéma bloc du nœud de capteurs

#### IV.1.3.2. Unité de traitement centrale :

L'Unité de traitement centrale (CPU) est l'élément principal du nœud, permet le contrôle et le commandement de toute l'application, nous avons opté à l'utilisation de la carte Arduino RobotDyn UNO + WIFI R3. Compte tenu de ses caractéristiques suffisantes pour notre application (présentés dans le tableau 3).

Cette carte est basée sur le microcontrôleur ATmega328P. D'entre eux le nombre de broches d'entrée / sortie numériques, UART, les différents types de mémoires nécessaires : Mémoire Flash, SRAM et EEPROM.

L'essentiel élément ajouté a cette carte est la puce WiFi ESP8266 qui l'un des parties indispensables à notre conception. Ce qui la rend une solution pratique pour le développement de projets nécessitant Uno et WiFi. Via USB, nous pouvons mettre à jour les croquis et le firmware pour ATmega328 et pour ESP8266. La carte a un commutateur DIP, pour connecter les processeurs. La figure 3 illustre cette carte.

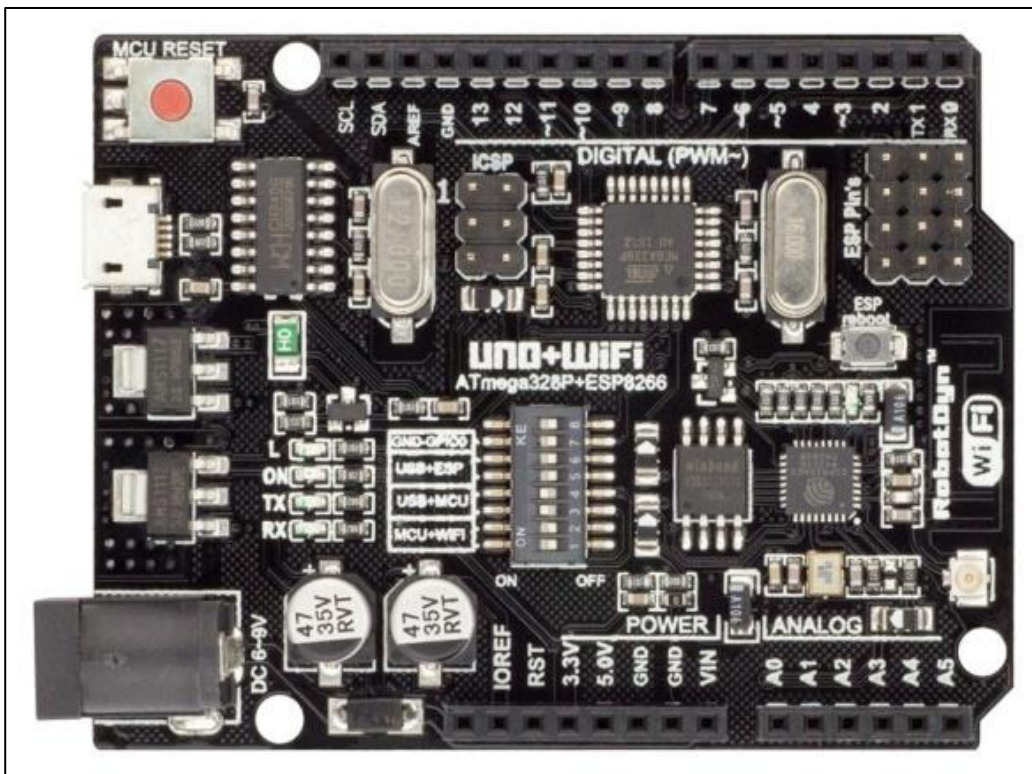


Figure 4.3 : Carte Arduino Uno wifi

**Tableau 4.1 : Caractéristiques techniques de la carte Arduino RobotDyn UNO + WIFI R3**

Microcontroller	ATmega328
IC Wi-Fi	ESP8266
USB-TTL converter	CH340G
Power Out	5V-800mA
Power IN. USB	5V (500mA max.)
Power IN. VIN/DC Jack	9-24V
Power Consumption	5V 800mA
LogicLevel	5V
Wifi	Wi-Fi 802.11 b/g/n 2.4 GHz
USB	Micro USB
ClockFrequency	16MHz
Operating Supply Voltage	5V
Digital I/O	14
Analog I/O	6
Memory Size	32Mb
Interface Type	serial\OTA
Operating temperature	-40C°/+125C°

Length×Width	53.34×68.58mm
Weight	8
antenna	Buil-in\externalantenna

### IV.1.4. Le capteur de température et d'humidité DHT11 :

La température de l'air et l'humidité influent sur l'éclosion et la propagation des incendies de forêt. Ce sont ces paramètres dont il faut prendre en compte pour affiner la prévision des risques météorologiques d'incendie.

Il existe de nombreux capteurs pour mesurer la température et l'humidité relative. Nous avons choisi le capteur DHT11, qui est un simple capteur numérique qui capture à la fois la température et l'humidité. Il se caractérise par son faible coût. Il utilise un capteur d'humidité capacitif et une thermistance pour mesurer la température ambiante et générer un signal numérique sur la broche de données (aucune broche d'entrée analogique n'est nécessaire). C'est assez simple à utiliser, mais nécessite un timing minutieux pour récupérer les données. Il est compatible aux tensions d'alimentation 3,3 volts et 5 volts (le fabricant recommande cependant de toujours alimenter le capteur en 5 volts pour avoir des mesures précises). Le seul inconvénient de ce capteur est que vous ne pouvez obtenir de nouvelles données qu'une fois toutes les 2 secondes. Mais dans notre cas, ce n'est pas un problème. Parce que les lectures du capteur remontent à 2 secondes.



**Figure 4.4 : Capteur de température et d'humidité DHT11**

#### *Caractéristiques techniques*

- À bas prix
- Alimentation 3 à 5 V et E / S

- Utilisation de courant maximum de 2,5 mA pendant la conversion (lors de la demande de données)
- Bon pour des lectures d'humidité de 20 à 80% avec une précision de 5%
- Bon pour les lectures de température 0-50 ° C précision  $\pm 2$  ° C
- Pas plus de 1 Hz de fréquence d'échantillonnage (une fois par seconde)
- Taille du corps 15,5 mm x 12 mm x 5,5 mm
- 3 broches

Pour utiliser ce capteur, nous commençons par son montage, nous nous suivons le câblage illustré à la figure 5, qui montre la connexion des trois broches requises à la carte Arduino.

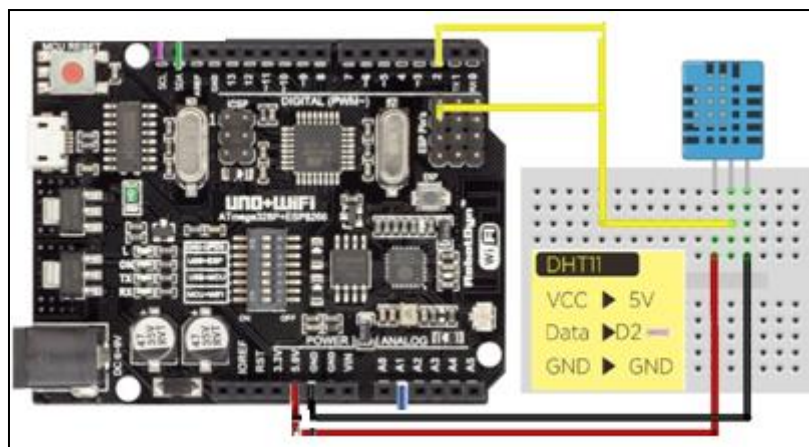


Figure 4.5 : brochage du DHT11 à la carte Arduino.

### IV.1.5. Capteur de la vitesse du vent :

Le vent est un facteur essentiel qui apporte l'oxygène, transfère la chaleur par inclinaison du front de flamme et transporte le feu sur de grandes distances, sans oublier son Rôle d'assèchement.

Un Capteur de la vitesse du vent (anémomètre) est utilisé pour mesurer la vitesse du vent, c'est une partie essentielle des stations météo. Cet anémomètre a été conçu pour un usage extérieur avec une mesure facile de la vitesse du vent.

Ce capteur est simple à monter et robuste. Il dispose également d'un connecteur étanche, un bout de câble est fourni.



Figure 4.6 : anémomètre

### Caractéristiques techniques

#### **a. Dimensions:**

- Hauteur (base au centre) : 105mm / 4.1 "
- Centre vers la Coupe : 102mm / 4 "
- Longueur de bras : 70mm / 2,8 "
- Poids : 111.8g

#### **b. Dimensions fils:**

- Longueur de câble : 99cm / 39 "
- Mâle Longueur : 30mm / 1,2 "
- Diamètre (épaisseur): 4,8mm / 0,2 "

#### **c. Caractéristiques**

- Sortie : 0.4V à 2V
- Range Test: 0.5m / s à 50 m / s
- Vitesse du vent mini : 0,2 m / s
- Résolution : 0.1m / s
- Précision : Le pire des cas 1 mètre / s
- Vitesse max du vent : 70m / s
- Détails du connecteur: Broche 1 - Puissance (fil marron), Pin 2 - Masse (fil noir), Pin 3 - Signal (fil bleu)

Pour l'utilisation, on doit connecter le fil noir à la masse, le fil marron à une alimentation entre 7 et 24 VDC et le câble bleu fournira une tension analogique. La tension va varier de 0,4V (Vent à 0m/s) à 2V (vent à 32,4m/s).

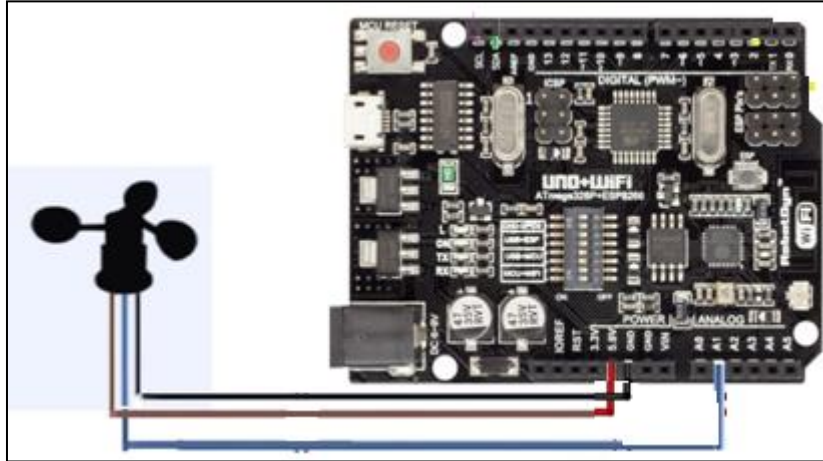


Figure 4.7 : Brochage de l'anémomètre

### IV.1.6. L'afficheur LCD I2C 2004A :

Dans notre cas, la visualisation locale des paramètres est essentielle. L'utilisation d'IHM nous permet de communiquer facilement avec le système. nous avons opté a exploité de l'afficheur LCD 4 x 20 caractères rétro-éclairé qui se raccorde via le bus I2C sur un microcontrôleur (Arduino ou Raspberry).

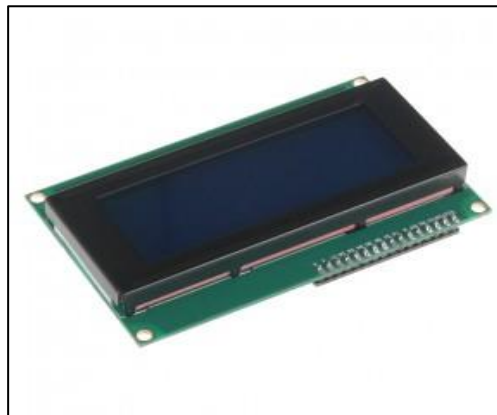


Figure 4.8 : L'afficheur LCD I2C

#### - Caractéristiques techniques :

Alimentation: 5 Vcc

- Interface I2C (adresse 0x27)
- Caractères blancs sur fond bleu
- Contraste ajustable via potentiomètre



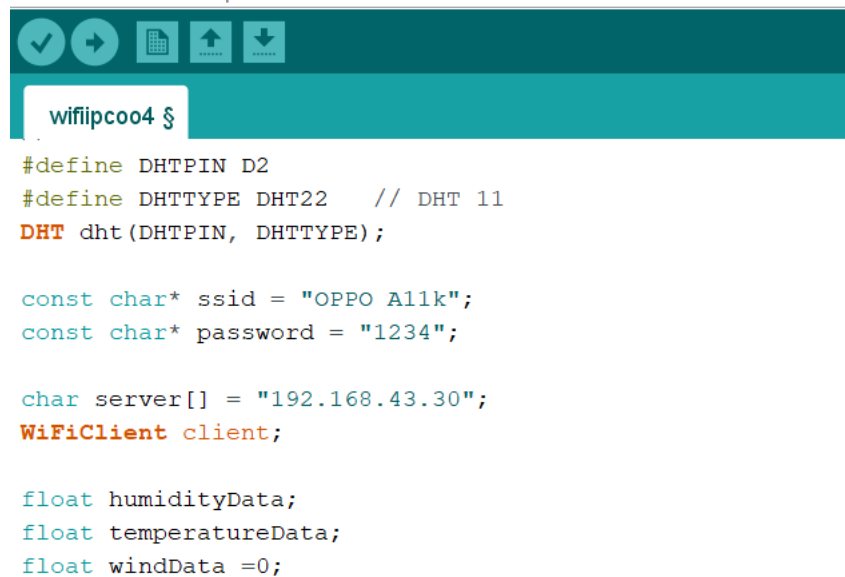
avec du matériel ou en manipulant des données. La figure 10 est une capture d'écran du logiciel Arduino des déclarations des différentes bibliothèques nécessaires à notre application.



```
wifipcoo4 §
#include <DHT.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <ESP8266WebServer.h>
#include <ESP8266mDNS.h>
// #include <MFRC522.h>
//
```

**Figure 4.10 : déclaration des bibliothèques**

Le langage Arduino est un langage typique, les données et constantes utilisées doivent être déclarés ainsi que leurs types. La figure 11, illustre la partie déclarative des données et constantes utilisés ainsi que les paramètres d'accès au réseau WIFI.



```
wifipcoo4 §
#define DHTPIN D2
#define DHTTYPE DHT22 // DHT 11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

const char* ssid = "OPPO A11k";
const char* password = "1234";

char server[] = "192.168.43.30";
WiFiClient client;

float humidityData;
float temperatureData;
float windData = 0;
```

**Figure 4.11 : déclaration des variables, constantes et paramètres WIFI**

- La partie initialisation et configuration des entrées/sorties et accès au réseau WIFI : la fonction `setup()` ;

La fonction `setup()` ne fonctionnera qu'une seule fois, après chaque mise sous tension ou reset réinitialisation de la carte Arduino. Dans la quel on initialise les variables, le sens des broches d'entrées/sorties, la liaison série utilisée (choix de la vitesse de transmission), et enfin comme on peut le voir sur la figure 12, la routine de connexion au réseau WIFI.

```
wifiipcoo4 §  
float windData =0;  
  
void setup() {  
  Serial.begin(9600);  
  delay(10);  
  // Connect to WiFi network  
  Serial.println();  
  Serial.println();  
  Serial.print("Connecting to ");  
  Serial.println(ssid);  
  WiFi.begin(ssid, password);  
  
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {  
    delay(50);  
    Serial.print(".");  
  }  
  Serial.println("");  
  Serial.println("WiFi connected");  
  Serial.print(WiFi.localIP());  
  Serial.println("/");  
  dht.begin();  
}
```

**Figure 4.12 : la fonction setup()**

- La partie principale qui s'exécute en boucle : la fonction loop ().

Après avoir exécuté le cycle de configuration, le programme entre dans une boucle, qui se répète tant que la carte est sous tension. Cette partie du code permet :

- Le code récupère un rapport de données des capteurs ; figure 13.
- Le code connecte au serveur et envoie des données ; figure 14.

```
wifiipcoo4 §  
}  
  
void loop()  
{  
  
  humidityData = dht.readHumidity();  
  temperatureData = dht.readTemperature();  
  windData = windData.24;  
  if (isnan(humidityData) || isnan(temperatureData)) {  
    Serial.println(F("Failed to read from DHT sensor!"));  
    return;  
  }  
}
```

**Figure 4.13 : récupération des données**

```
wifiipcoo4 $
```

```
{  
  if (client.connect(server, 80)) {  
    Serial.println("connected");  
    // Make a HTTP request:  
    Serial.print("GET http://localhost/system/dht.php?humidity=");  
    client.print("GET http://localhost/system/dht.php?humidity=");    //YOUR URL  
    Serial.println(humidityData);  
    client.print(humidityData);  
    client.print("&temperature=");  
    Serial.println("&temperature=");  
    client.print(temperatureData);  
    Serial.println(temperatureData);  
    client.print("&wind=");  
    Serial.println("&wind=");  
    client.print(windData);  
    Serial.println(windData);  
  }  
}
```

**Figure 4.14 : connexion au serveur et envoi des données**

### IV.1.8. Organigramme

Pour mieux cerner le fonctionnement de notre système voici un organigramme qui est un schéma descriptif du programme comme il est présenté sur la figure 15.

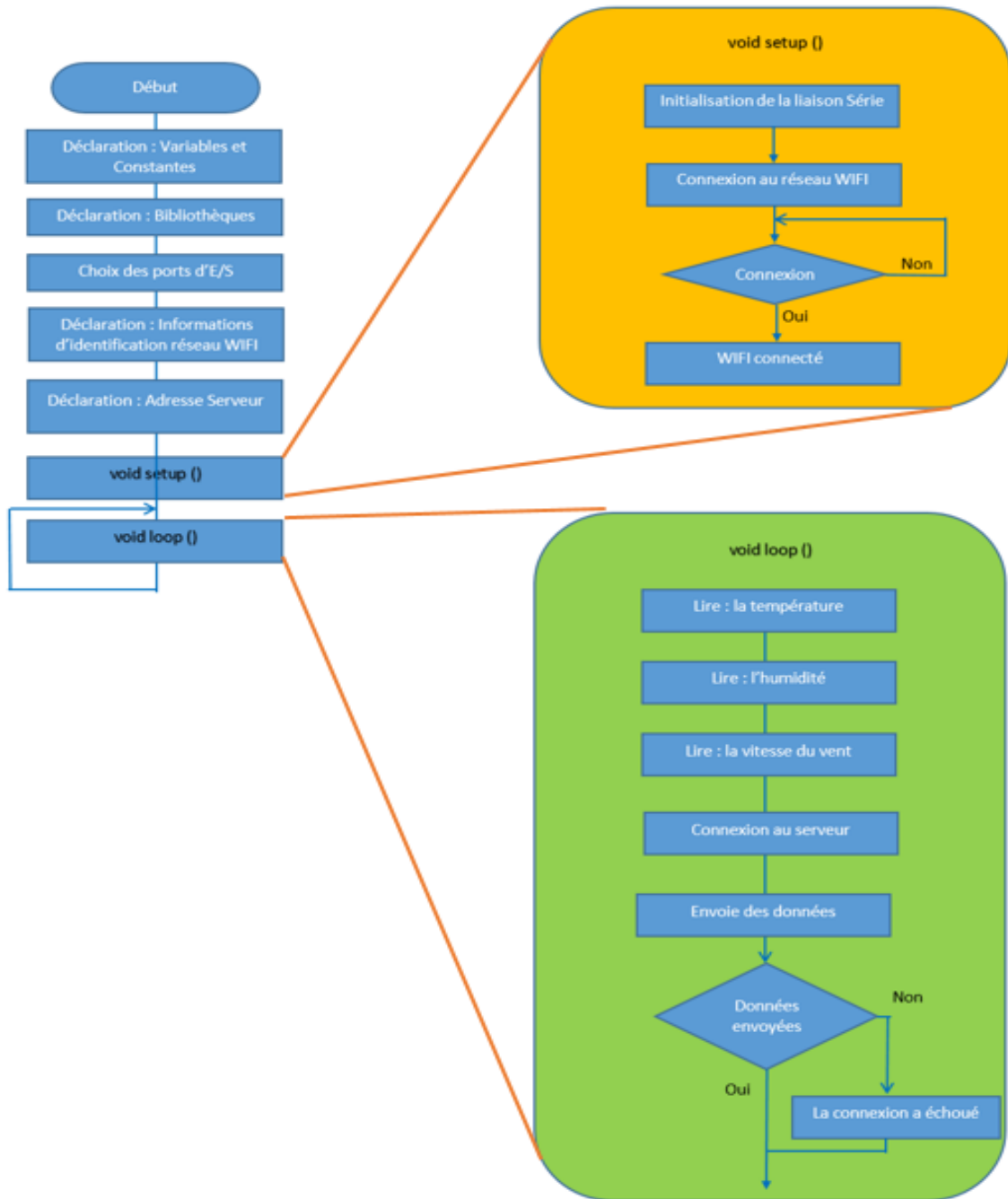


Figure 4. 15 : Organigramme

## IV.2. Partie serveur :

Le serveur a pour but l'acquisition des différents nœuds éloigné en permanence et en temps réel. Par la suite l'enregistrement de ces données dans une base de données hébergée sur le même serveur local. Le serveur WEB permet la visualisation éloignée des données, sous forme numérique ou graphique. Pour le serveur on a utilisé le package XAMPP, qui comprend : Apache

Server, livré avec MySQL (base de données), PHP (langage de script côté serveur), FileZilla FTP Server et Mercury Mail Transport System.

### IV.2.1. Page de réception :

Afin que le serveur peut acquérir les données en permanence, nous avons développé une page PHP. Cette partie du script permet la réception des données en permanence et en temps réel transmitt par les nœuds. Figure 15

```
*dht - Bloc-notes
Fichier Edition Format Affichage Aide
<?php
class dht11{
public $link='';
function __construct($temperature, $humidity, $wind){
$this->connect();
$this->storeInDB($temperature, $humidity, $wind);
}

function connect(){
$this->link = mysqli_connect('localhost','root','') or die('Cannot connect to the DB');
mysqli_select_db($this->link,'telecom') or die('Cannot select the DB');
}

function storeInDB($temperature, $humidity, $wind){
$date_cont=date("Y-m-d");
$time_cont=date("H:i:s");
$query = "insert into dht11 set humidity='".$humidity."', temperature='".$temperature."',
wind='".$wind."', date='".$date_cont."', time='".$time_cont.'" ";
$result = mysqli_query($this->link,$query) or die('Errant query: '.$query);
}
}
if($_GET['temperature'] != '' and $_GET['humidity'] != '' and $_GET['wind'] != ''){
$dht11=new dht11($_GET['temperature'],$_GET['humidity'],$_GET['wind']);
}
?>
```

Figure 4.16: Capture d'écran de la page de réception

A chaque fois qu'une donnée est acquise par la page de réception, elle sera automatiquement enregistrée dans la base de données. On lui ajoute la date et l'heure d'arrivée. La figure suivante montre la page d'affichage de la dernière donnée acquise.



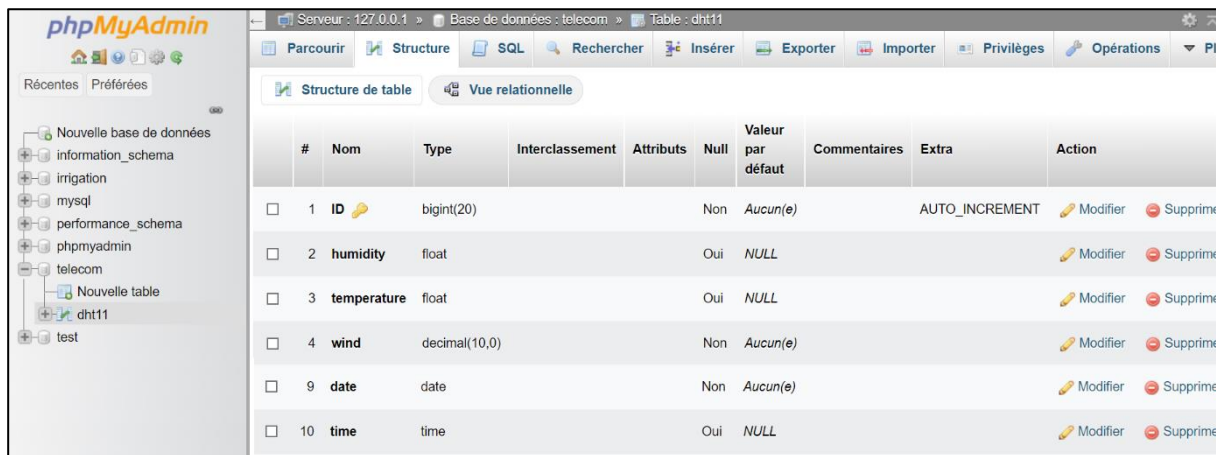
The screenshot shows a web browser window with the address bar displaying "172.16.1.9/system/result.php?fromdate=05-09-2020&todate=05-09-2020". The page content is a table with the following data:

Humidité(%)	Température(c°)	Vitesse de vent (Km/h)	Date	Heure
59	25.5	0	04/06/2022	19 :07

Figure 4.17 : Capture d'écran de la page de d'affichage de la dernière donnée.

### IV.2.2. La base de données :

La base de donnée permet le stockage, l'organisation, l'analyser et partagés les informations à tout moment. Par conséquent, On a opté à la création d'une base de données avec MySQL, comme on peut le voir sur la figure 37. La basedoits etrecomposée de plusieurs tableau,chaqu`un est de 6 colonnes : Id (numéro de donnée), temperature (température), humidity (humidité), wind (vitesse de vent), date (la date), time (l'heure).



#	Nom	Type	Interclassement	Attributs	Null	Valeur par défaut	Commentaires	Extra	Action
<input type="checkbox"/>	1 ID	bigint(20)			Non	Aucun(e)		AUTO_INCREMENT	Modifier  Supprimer
<input type="checkbox"/>	2 humidity	float			Oui	NULL			Modifier  Supprimer
<input type="checkbox"/>	3 temperature	float			Oui	NULL			Modifier  Supprimer
<input type="checkbox"/>	4 wind	decimal(10,0)			Non	Aucun(e)			Modifier  Supprimer
<input type="checkbox"/>	9 date	date			Non	Aucun(e)			Modifier  Supprimer
<input type="checkbox"/>	10 time	time			Oui	NULL			Modifier  Supprimer

Figure 4.18 : Capture d'écran de la base donnée crée.

### IV.2.3. Interface d'accès graphique :

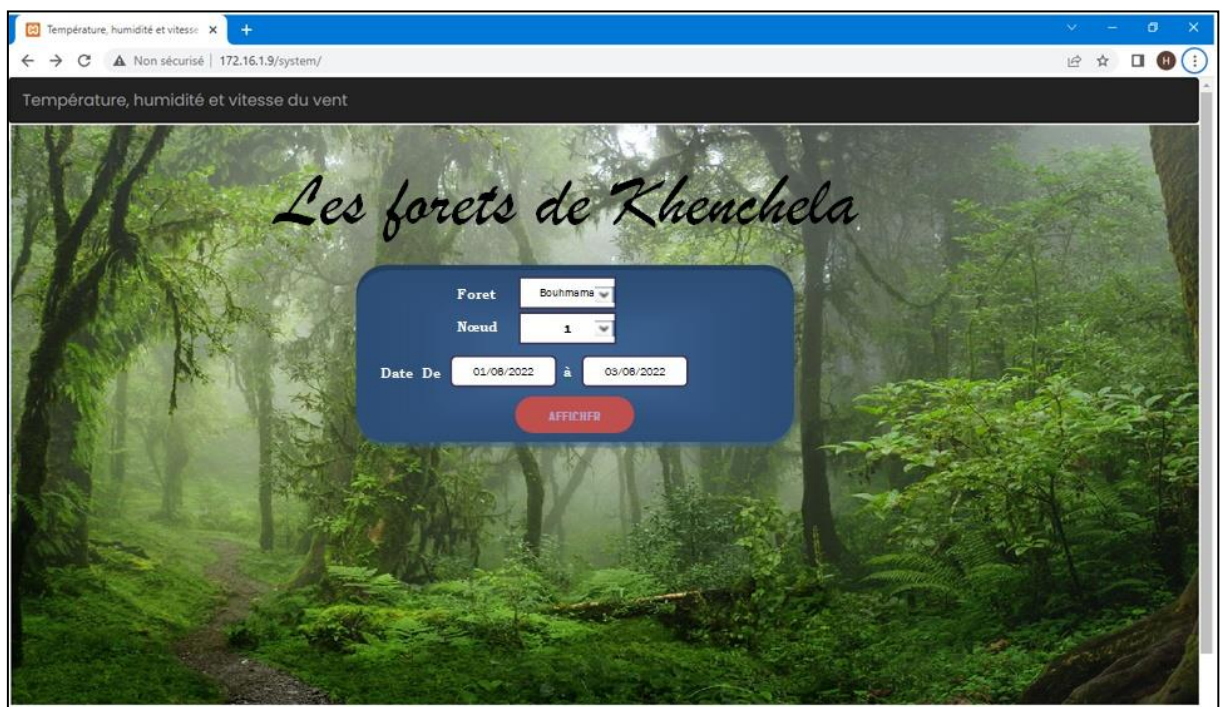
Lorsque les utilisateurs souhaitent consulter les données, ils doivent simplement saisir l'adresse du site Web (ou éventuellement l'adresse IP du serveur) dans le navigateur web via n'importe quel appareil (ordinateur portable, téléphone intelligent, ordinateur personnel, etc.). Et de n'importe qu'elle endroit dans le monde, il suffit d'avoir une connexion internet. Ce qui leurs permet de se connecter au serveur et des pages Web seront livrées via le navigateur.

Pour cela, nous avons développé des interfaces, facilitant le dialogue entre les utilisateurs et la machine. En outre, ils doivent prendre en compte l'ensemble des choix ergonomiques, tels que la lisibilité, la compréhension et les fonctionnalités faciles à comprendre, pour l'ensemble des utilisateurs potentiels ;

Dans cette page on doit choisir la forêt à consulter à travers un Combobox qui est une zone de liste déroulante est un widget d'interface utilisateur graphique couramment utilisé.

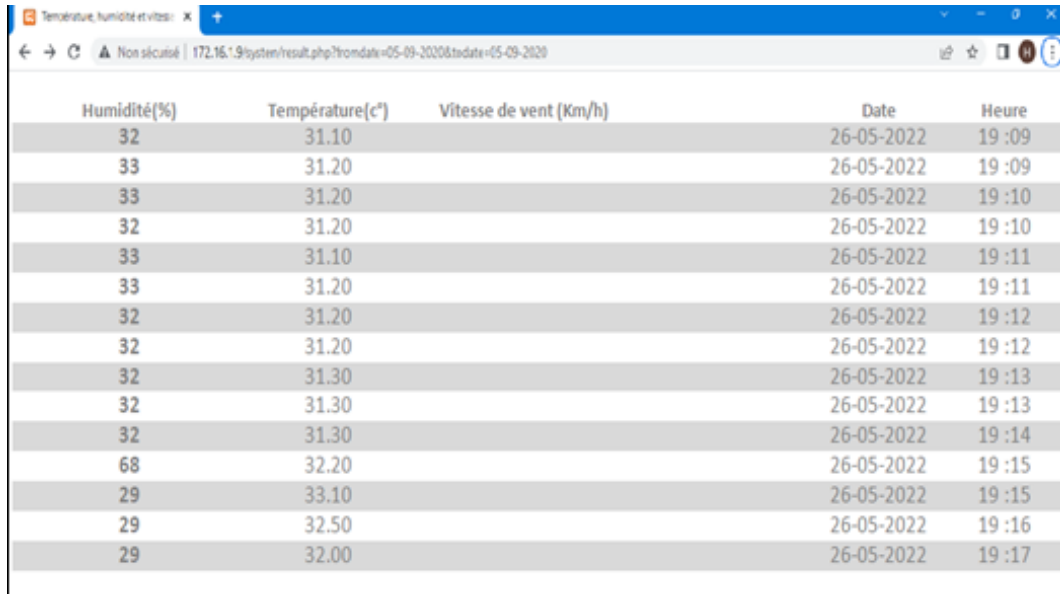
Permettant à l'utilisateur de taper directement le nom d'une forêt ou de sélectionner un nom dans la liste prédéfini.

Après avoir sélectionné la forêt à laquelle l'utilisateur fait référence, vous devez également sélectionner le nœud car il peut y avoir plusieurs nœuds dans la même forêt.



**Figure 4.19 : Page principale.**

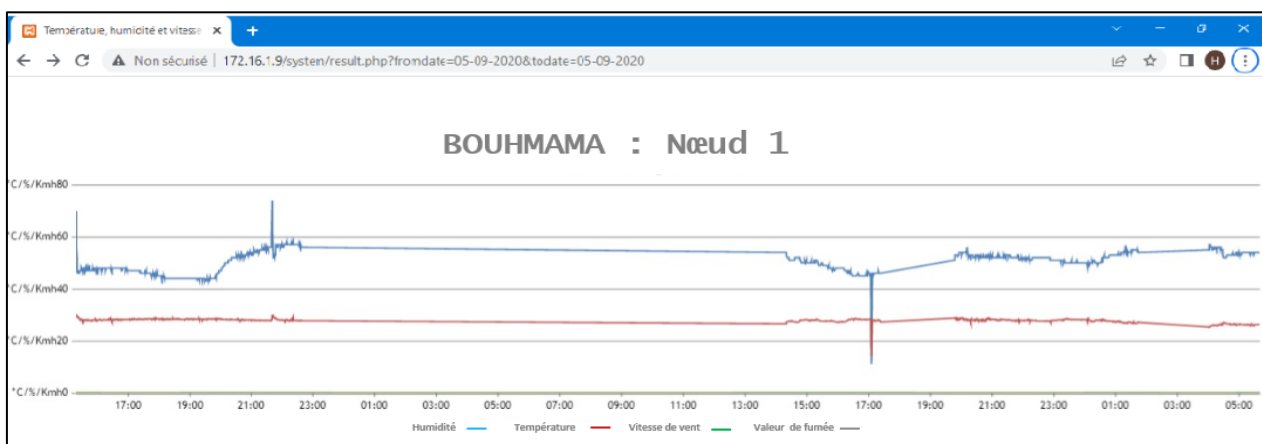
À ce stade, lorsque l'utilisateur a fini de sélectionner le nœud à référencer, l'utilisateur peut accéder aux données du nœud soit sous forme numérique, ou sous forme graphique, etc. la figure 17 montre l'affichage numérique des données.



Humidité(%)	Température(c°)	Vitesse de vent (Km/h)	Date	Heure
32	31.10		26-05-2022	19 :09
33	31.20		26-05-2022	19 :09
33	31.20		26-05-2022	19 :10
32	31.20		26-05-2022	19 :10
33	31.10		26-05-2022	19 :11
33	31.20		26-05-2022	19 :11
32	31.20		26-05-2022	19 :12
32	31.20		26-05-2022	19 :12
32	31.30		26-05-2022	19 :13
32	31.30		26-05-2022	19 :13
32	31.30		26-05-2022	19 :14
68	32.20		26-05-2022	19 :15
29	33.10		26-05-2022	19 :15
29	32.50		26-05-2022	19 :16
29	32.00		26-05-2022	19 :17

**Figure 4.20 : Page d'affichage numérique.**

Étant donné que la représentation graphique de données ou visualisation de données est un résumé visuel des données. Elle permet en un seul coup d'œil d'en saisir la tendance générale. Elle offre une ligne d'attaque frontale, révèle la structure complexe de données qui ne pourraient être comprises d'aucune autre façon. Elle permet de découvrir des résultats inattendus et de remettre en question les conclusions attendues. Pour cela nous avons développé des pages web qui affiche les données sous forme graphique. Cette visualisation est composée d'un élément visuel, d'une échelle, d'un système de coordonnées et d'un contexte.



**Figure 4.21 : Page présentation graphique**

En vue de faciliter l'observation et l'analyse des données facilement, nous avons ajouté des fonctions aux pages.

Par exemple le placement du curseur de la souris sur le graphe permet d'afficher des informations telle que : la valeur de la température, humidité, vitesse de vent, date et heure. Comme il est illustré sur la figure 18. En plus, d'autre fonction de sauvegarde et d'impression

L'affichage des données peut être sous forme numérique sur une page Web comme on peut l'observé sur la figure 19 :

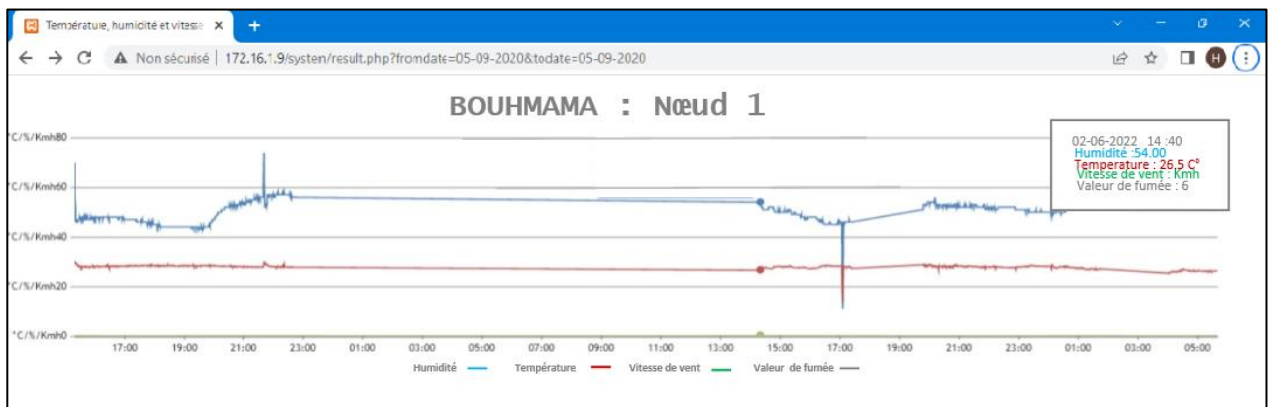


Figure 4.22 : Page présentation graphique avec fonction supplémentaire

### IV.2.4. Tests et résultats

Cette section présente les tests de validation pour s'assurer que notre système fonctionne correctement. La structure du système se compose de plusieurs éléments : des cartes et des capteurs. Donc, pour cette raison, nous avons d'abord effectué une série de tests de chaque partie séparément. Afin de détecter d'éventuels problèmes dans la mise en œuvre. Et avec l'intention de

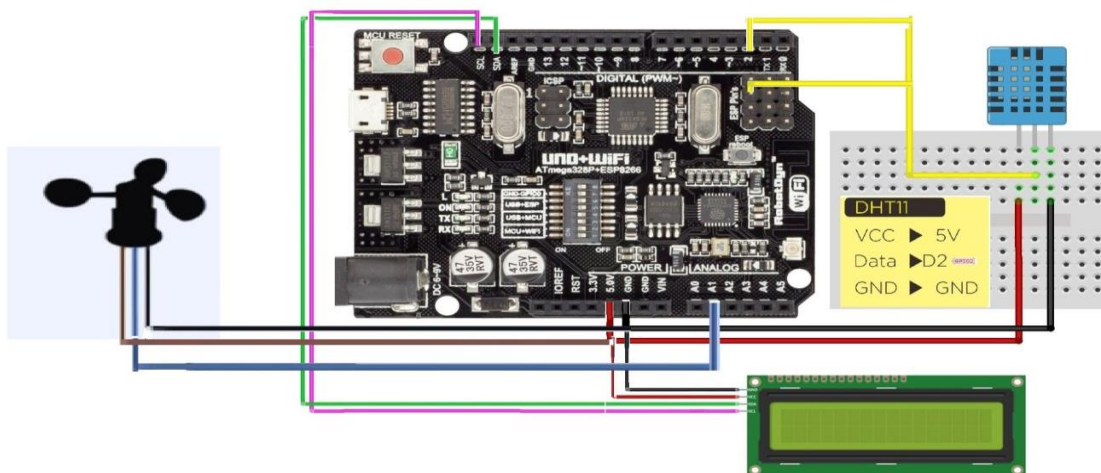


Figure 4.23 : Schéma d'assemblage de l'ensemble des parties de l'application

s'assurer qu'il opère correctement. Ensuite, toutes les parties ont été assemblées comme il est illustré sur le schéma de la figure 20. Remarque : à l'absence du capteur de vitesse du vent, le test a été effectué en utilisant uniquement le capteur DHT11.

Dans le but d'éclaircir le fonctionnement correct du système nous avons fait des tests sur plusieurs journées. Une fois le nœud capteur est programmé, déployé, allumé et les communications sont établies le contrôleur commence l'acquisition des données et les affiche sur l'afficheur LCD, comme la figure 21 l'illustre : Enfin une connexion internet wifi était garantie.

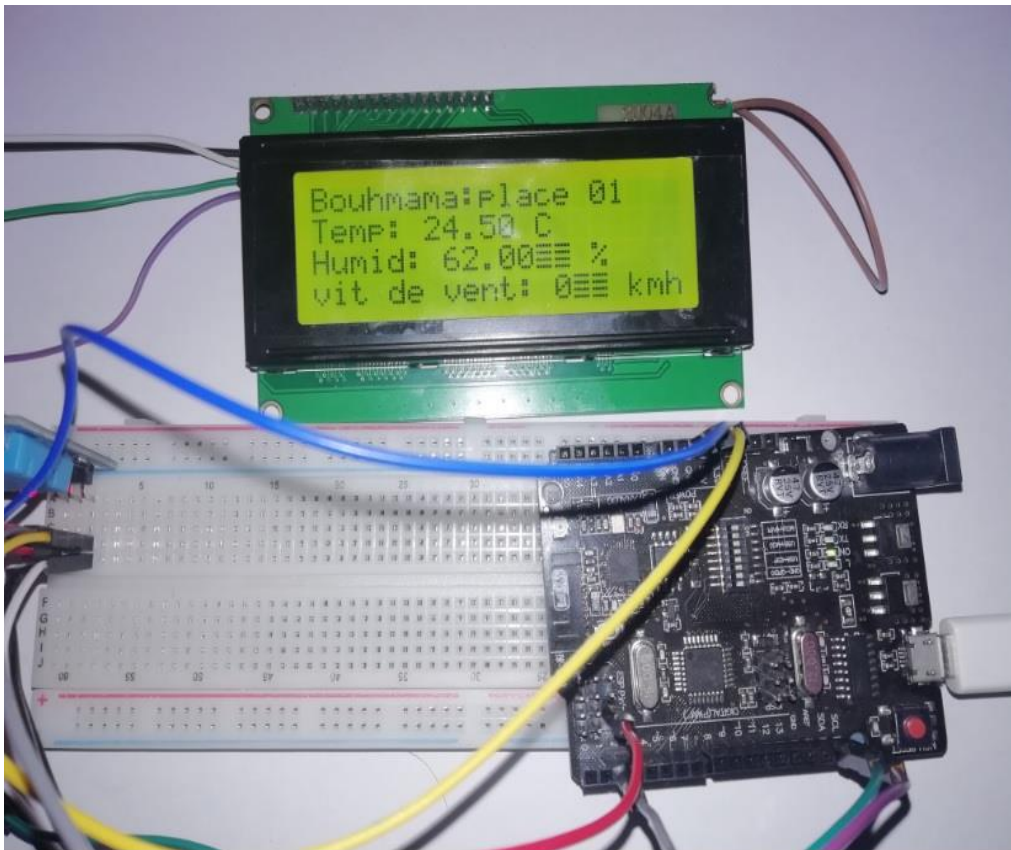


Figure 4.24 : Prise de photo du montage



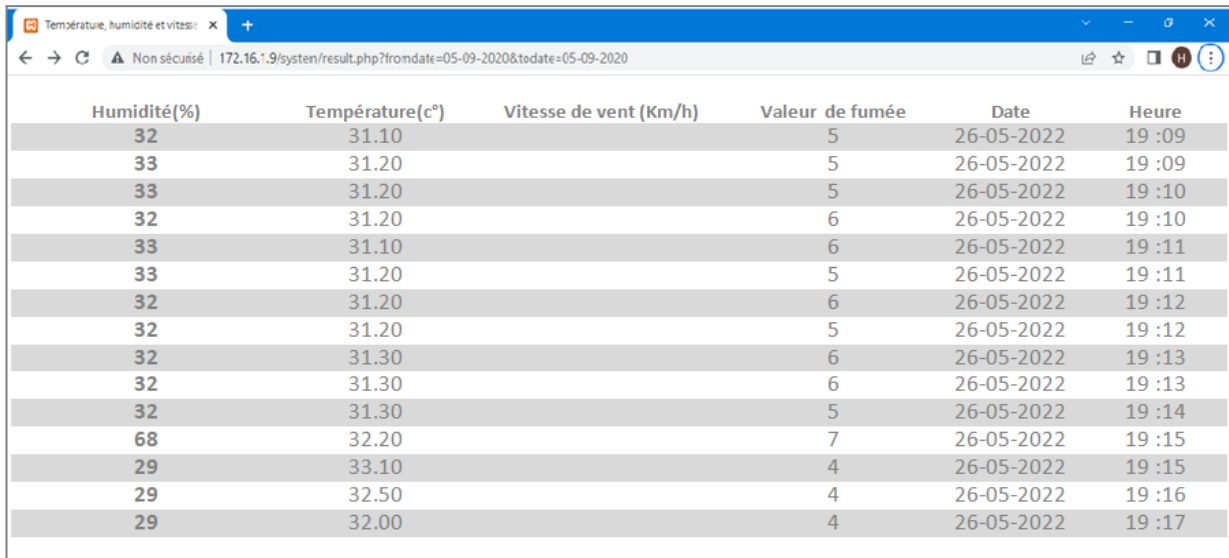
Figure 4.25 : Prise de photo de l'afficheur LCD

La page de la figure suivante montre clairement comment les données sont enregistrées dans la base de données.

ID	humidity	temperature	wind	date	time
5009	53	28.6	0	2022-06-25	10:48:21
5010	53.1	28.6	7	2022-06-25	10:48:23
5011	53	28.7	8	2022-06-25	10:48:25
5012	53.1	28.7	9	2022-06-25	10:48:27
5013	52.8	28.7	10	2022-06-25	10:48:29
5014	52.9	28.7	11	2022-06-25	10:48:31
5015	53	28.7	12	2022-06-25	10:48:33
5016	52.7	28.8	13	2022-06-25	10:48:36
5017	52.9	28.7	14	2022-06-25	10:48:38
5018	53	28.8	15	2022-06-25	10:48:40
5019	52.7	28.8	16	2022-06-25	10:48:42
5020	52.7	28.8	17	2022-06-25	10:48:44
5021	52.8	28.8	18	2022-06-25	10:48:46
5021	52.7	28.9	19	2022-06-25	10:48:48

Figure 4.26 : enregistrement des données sur la base

Par ailleurs, l'accès au serveur à partir d'un navigateur web nous permet de consulter les données reçues sous forme numérique figure 24.



Humidité(%)	Température(c°)	Vitesse de vent (Km/h)	Valeur de fumée	Date	Heure
32	31.10		5	26-05-2022	19 :09
33	31.20		5	26-05-2022	19 :09
33	31.20		5	26-05-2022	19 :10
32	31.20		6	26-05-2022	19 :10
33	31.10		6	26-05-2022	19 :11
33	31.20		5	26-05-2022	19 :11
32	31.20		6	26-05-2022	19 :12
32	31.20		5	26-05-2022	19 :12
32	31.30		6	26-05-2022	19 :13
32	31.30		6	26-05-2022	19 :13
32	31.30		5	26-05-2022	19 :14
68	32.20		7	26-05-2022	19 :15
29	33.10		4	26-05-2022	19 :15
29	32.50		4	26-05-2022	19 :16
29	32.00		4	26-05-2022	19 :17

Figure 4.27 : Page donnée numériques

Comme les données enregistrées sont modélisés sous forme de données qualitatives et surtout numériques. Lorsque ces données sont complexes, elles peuvent être regroupées sous la forme d'une représentation graphique qui présente une vision simplifiée et structurée de ces éléments. Leur visualisation peut être facilitée par une représentation graphique sous la forme de courbes.

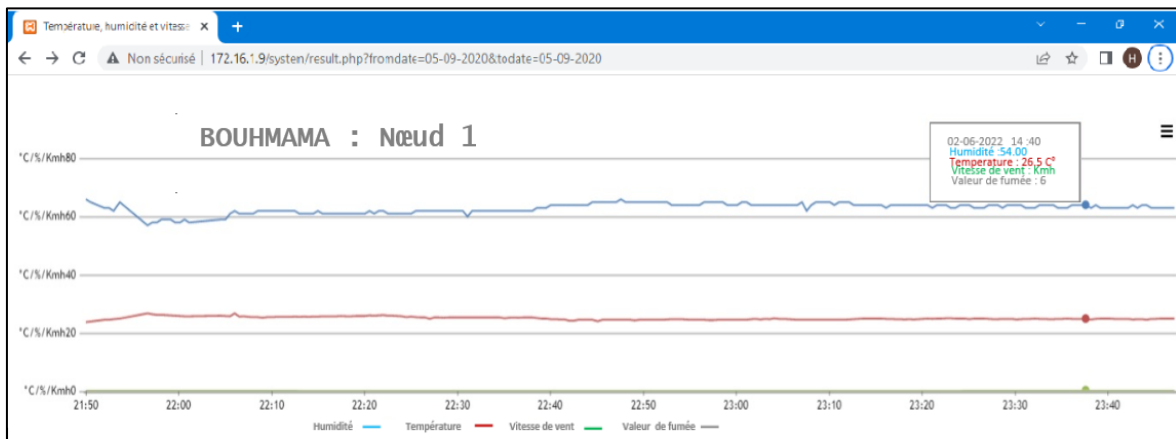


Figure 4.28: Page donnée graphique

### IV.2.5. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté notre première contribution. Nous avons commencé par présenter l'approche méthodologique adoptée pour implémenter notre solution télésurveillance.

Le système se base sur l'utilisation de technologies de communication avancées, c'est l'Internet des objets (IoT), dans le cadre d'une éventuelle coopération entre l'université et l'institution en charge des forêts.

Pour attribuer des tâches, tout est garanti avec la carte Arduino, elle permet de surveiller la température et l'humidité avec le capteur DHT11.

Toutes les données collectées seront envoyées et enregistrées dans une base de données située au niveau d'un serveur connecté à Internet, ce qui nous permet de visualiser ces données.

Les utilisateurs peuvent observer ces paramètres sur n'importe quelle page Web à tout moment et n'importe où dans le monde, à l'aide d'un ordinateur portable, d'un smartphone, etc. Fourni avec un simple navigateur Internet. Cela permet d'étudier les paramètres climatiques de la forêt et de faire une représentation numérique ou graphique de ces données.

## Conclusion Générale

---

Dans ce travail, nous nous sommes concentrés sur la mise en place d'un système de collecte et de surveillance à distance des paramètres environnementaux des forêts. Soit la température, l'humidité et la vitesse du vent, la valeur de la fumée. Où nous nous sommes concentrés sur des techniques de télécommunications avancées, IoT et réseaux de capteurs. Nous notons que le prototype réalisé est limité à un nœud, qui contient le fameux capteur DHT11 qui est à la fois un capteur de température et d'humidité. Pour ce qui est du capteur de vitesse, nous n'avons pu l'acquérir. Une carte Arduino Uno wifi, elle a été sélectionnée en raison de ses caractéristiques suffisantes.

Afin de visualiser les mesures à distance. Nous avons créé un serveur local (serveur Cloud) avec une base de données MYSQL serveur et un ensemble de pages WEB. À partir de ce là, il est possible de visualiser mesures sur des pages web via un navigateur Web, à partir d'un ordinateur ou d'un smart phone connecté à internet.

Les pages web développés offrent une utilisation facile et efficace. Ainsi que la solution reste une solution relativement peu coûteuse notamment compte tenu des dommages et les pertes qui peuvent être causés par les incendies. Un nœud ne dépasse pas 10 000 DA. Cependant, ce système est loin d'être finalisé, et nécessite selon notre expérience plusieurs améliorations que nous pourrions proposer comme travaux en perspective, et qui peuvent se résumer comme suit :

Crée un réseau sans fils (Zigbee) reliant l'ensemble des nœuds avec un seul nœud connecté à internet.

Ajouter au niveau du serveur des procédures d'intelligence artificielle pour une meilleure exploitation des données. En particulier l'élaboration automatique et en temps réel d'une cartographie du risque d'incendie.

Crée des alertes en envoyant des SMS afin d'avertir la communauté concernée par les incendies des forêts.

Ajouter d'autre type de capteurs et afficheur.

## Bibliographies

---

- (1) Mameri D. (Avril 2002) Direction Générale des forêts (D.G.F) : Bilan décennal des incendies de forêts en algerie (1992-2002).
- (2) Me. Ilham kabouya-loucif, Direction Générale des forêts (3/10/2021) : les incendies de forêts en Algérie rétrospective, mesure de riposte et perspectives.
- (3) Colin.p ;jappiot.y, marrel.M; lampin. A;Vellion.C; s...2001: protection du forêts contre les incendies, edit. FAO/CEM-AGREF.
- (4) Rothersemal1983 : how to predict the spread and intensity of forest and range fiers. gen. tech.rep.int-143-usda Forest services, Inter mountain. Forest and range experiment station.
- (5) Rothermel.R.C (1983) and KUSHALAA. J.D &Ripple.w.j 1997: the role of terrain in a fire moscic of a temperate coniferous forest. Forest ecology and management.
- (6) Rothermel (1983) &albin, F.A (1976) : Estimating wild fire behavior and effects. Gen. Tech.REP.INT. Ogden.UT : us department of agriculture, Forest service, Intermountain Forest and range Experiment station.
- (7) Mr. Arfaazzedinemohamedtoufik: mémoire "les incendie de forêt en Algérie stratégie de prévention et plans de gestion.
- (8) Wilaya khenchela ANDI 2015
- (9) Les précipitation annuelles n'ont qu'une valeur indicatrice, le plus important c'est leur répartition mensuelle et saisonnière. Projet Maghrebien de coopération avec le CRDI/CANAD « Expérimentation participative de modèles de gestion ressources forestiers dans la chaine montagneux de l'Atlas/Algérie maroc-tunisie » partie Algérie : zones forestier de bouhmama et M'sara wilaya de khnchela.
- (10) Akyildiz [et al.], A survey on sensor networks, IEEE communications magazine, Aout 2002.
- (11) S.moad, optimisation de la consommation d'énergie dans les réseaux de capteurs sans fil, rapport de stage, 2007-2008.
- (12) Eikoyoneko, jean bacon, "A survery of Wireless Sensor Network technologies: research trends and middleware's role", 'Technical Report, UCAM, CL, TR,646, [Available from the World Wide web <http://www.cl.cam.ac.uk/techReports/UCAM,CL,TR,646.pdf>.
- (13) Akyildiz [et al.], A survey on sensor networks, IEEE communications magazine, Aout 2002.
- (14) H. cam, S. Ozdemir, P. Nair, and D. Muthuavinashippa, "ESPDA: Energy-Efficient and Secure pattern Based Data Aggregation for Wireless Sensor Networks," in press, IEEE Sensor, toronto, Canada, 2003.
- (15) H. cam, S. Ozdemir, P. Nair, and D. Muthuavinashippa, "ESPDA: Energy-Efficient and Secure pattern Based Data Aggregation for Wireless Sensor Networks," in press, IEEE Sensor, toronto, Canada, 2003.
- (16) Les differents type d'ARDUINO, Mathieu Dumnt ; 13/01/2017Diponible sur : <http://blewando.dlinkddns.com>
- (17) [www.carnetdumaker.net/articles/utiliser-un-capteur-de-temperature-et-dhumidite-dht11-dht22-avec-une-carte-arduino-genuino](http://www.carnetdumaker.net/articles/utiliser-un-capteur-de-temperature-et-dhumidite-dht11-dht22-avec-une-carte-arduino-genuino)
- (18) Programmation Arduino: présentation pour les débutants, Toxnico, 07/05/2018 Disponible sur : <https://putaindecode.io>