Numéro 155 • Avril 2022

edn

ECHO Notes de Développement

MICROCONTRÔLEURS À FAIBLE COÛT : APPLICATIONS POUR L'AGRICULTURE À PETITE ÉCHELLE

L'objectif principal de cet article est de faire connaître les microcontrôleurs comme une approche à faible coût pour la surveillance en temps réel des facteurs environnementaux liés à l'agriculture à petite échelle.

UN SYSTÈME DE LITIÈRE PROFONDE POUR LA PRODUCTION NATURELLE DE POULETS

Noah Elhardt, membre du réseau de ECHO, partage un système axé sur l'élevage de poulets sains à partir de la base.

MAÏS 'KDV-1

La banque mondiale de semences de ECHO propose désormais des paquets d'essai de la variété "KDV-1", une variété du Kenya à pollinisation ouverte, à graines blanches et résistante à la sécheresse.

Livres, Sites Web et Autres Ressources | Évènements à Venir

Ce numéro est protégé par les droits d'auteur 2021. Les documents extraits de EDN 1-100 sont présentés dans le livre *Options agricoles pour les agriculteurs de petite échelle,* disponible dans notre librairie (www.echobooks.net) au coût de 19,95 $ US plus les frais de port. Les numéros individuels de *EDN* peuvent être téléchargés à partir de notre site Web (www.ECHOcommunity.org) sous forme de documents pdf en anglais (1-155), français (91-155) et espagnol (47-155). Les numéros 1-51, en anglais, sont également compilés dans le livre *Amaranth to Zai Holes*, disponible sur notre site Web.

ECHO est une organisation chrétienne à but non lucratif.

Pour d'autres ressources, y compris l'occasion de faire du réseautage avec d'autres praticiens du développement agricole et communautaire, veuillez visiter notre site Web: www.ECHOcommunity.org. Le site Web d'informations générales de ECHO est accessible à l'adresse suivante: www.echonet.org.

ECHO
17391 Durrance Road
North Fort Myers, Florida 33917
USA

Équipe de rédaction:
Rédacteur en chef: Tim Motis
Editeur de conception: Stacy Swartz
Relecteur: Noah Coleman

Microcontrôleurs à faible coût : Applications pour l'agriculture à petite échelle

par Tim Motis

L'objectif principal de cet article est de faire connaître les microcontrôleurs comme une approche à faible coût pour la surveillance en temps réel des facteurs environnementaux liés à l'agriculture à petite échelle. La première section présente les utilisations potentielles des données, telles que la température de l'air et du sol, qui peuvent être surveillées à l'aide d'une gamme de technologies. Pour ceux qui souhaitent explorer l'utilisation des microcontrôleurs, il existe des ressources supplémentaires de ECHO, notamment le code de programmation des projets de microcontrôleurs entrepris à ECHO et une page de questions et réponses sur ECHOcommunity.org. Nous ferons de notre mieux pour répondre à vos questions.

Utilité de la surveillance des champs

Les petits agriculteurs fondent leurs moyens de subsistance sur la productivité de petites parcelles de terre, qui est influencée par des facteurs environnementaux tels que la température, l'humidité du sol, les précipitations, la lumière du soleil et l'humidité. Les agriculteurs et les jardiniers gèrent leurs cultures et leur bétail en fonction de ces facteurs. Les précipitations saisonnières et l'humidité du sol, par exemple, déterminent le moment où les agriculteurs plantent et irriguent. Grâce à l'expérience et à l'observation attentive de leurs cultures et de leurs sols, les agriculteurs acquièrent une conscience aiguë des conditions météorologiques et pédologiques qui influent sur le rendement des cultures. Rien ne peut remplacer ce type de connaissances innées pour prendre des décisions quotidiennes en matière de gestion.

Pourtant, la capacité de mesurer et de surveiller avec précision les conditions de croissance peut profiter à la petite agriculture de manière importante. Les agriculteurs pourraient utiliser ces données pour éclairer leurs décisions. Les données de terrain sont également utiles pour évaluer les innovations ou les pratiques en fonction de leur potentiel d'amélioration de la production agricole. Imaginez un scénario dans lequel un champ-école d'agriculteurs teste une nouvelle variété de maïs. Étant donné que les conditions météorologiques peuvent varier d'une année à l'autre, ou même d'un champ à l'autre, il serait utile de suivre la température et les précipitations pendant l'essai. Ainsi, chacun connaîtrait les conditions exactes dans lesquelles la nouvelle variété a réussi ou n'a pas réussi. Un technicien ou un agent de développement participant à la recherche pourrait jouer un rôle dans l'acquisition et la mise en place de dispositifs de collecte de données dans les parcelles expérimentales. Le tableau 1 énumère quelques autres applications de surveillance des conditions environnementales.

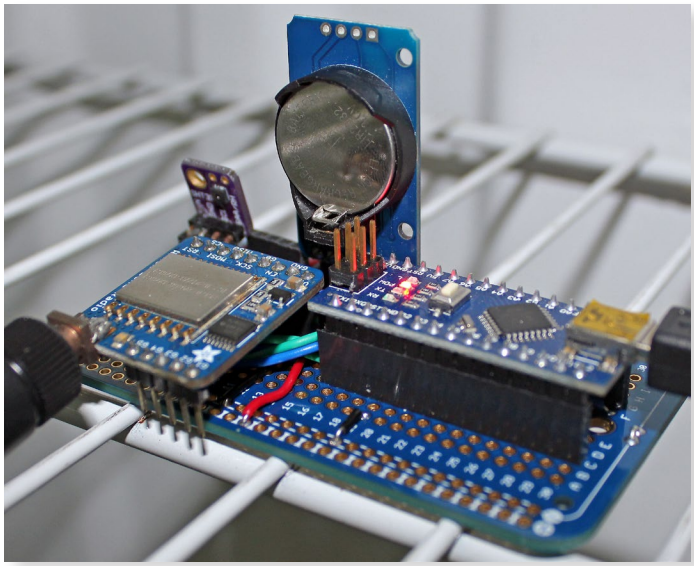


Figure 1. Un microcontrôleur Arduino® Nano qui surveille la température et l'humidité dans une salle de conservation de semences à ECHO. *Source:* Tim Motis

La surveillance automatisée des conditions affectant les cultures, les semences et les animaux fait appel à des appareils de mesure électroniques équipés des capteurs souhaités. Avec l'utilisation croissante des téléphones portables, il est de plus en plus possible d'obtenir des données en temps réel dans des environnements à faibles ressources. Même sans accès à Internet, il est possible d'enregistrer et de stocker des données automatiquement. L'obstacle

Tableau 1. Applications potentielles pour la surveillance des conditions environnementales.

Paramètre de suivi	Applications agricoles potentielles
Température de l'air	**Production végétale** : 1) évaluation des variétés de cultures en fonction de leur tolérance à la chaleur ; 2) sélection des cultures en fonction des températures dominantes ; 3) calcul des degrés-jours de croissance (unités thermiques)❶ pour prévoir les stades de croissance des cultures et prendre les décisions de gestion correspondantes. **Banque de semences :** évaluation de l'efficacité des techniques de stockage (par exemple, structures en sacs de terre ou enfouissement des semences dans des récipients hermétiques sous terre) pour stabiliser la température et prolonger la durée de vie des semences. **Volaille :** surveillance des conditions des poussins ou des canetons nouvellement éclos.
Température et humidité du sol	**Gestion des sols :** 1) évaluer l'efficacité des résidus de culture ou du paillis pour atténuer les extrêmes de température et préserver l'humidité du sol ; 2) déterminer l'efficacité des pratiques d'arrosage/irrigation.
Précipitations	**Agriculture générale :** 1) évaluer la tolérance des cultures à la sécheresse ; 2) décider quand planter en fonction de la quantité de pluie reçue et de son effet sur l'humidité du sol ; 3) décider quand irriguer.
Humidité	**Banque de semences :** 1) évaluation de l'efficacité des desséchants et des récipients à conserver les semences orthodoxes au sec ; 2) surveillance des espaces de stockage pour éviter que le taux d'humidité n'atteigne des niveaux favorables aux moisissures. **Gestion des maladies des plantes :** 1) anticiper les périodes où l'incidence des maladies pourrait être élevée ; 2) évaluer le moment où il faut planter pour que les grains/graines arrivent à maturité lorsque les moisissures et les maladies fongiques sont le moins susceptibles de poser problème (ceci est également lié aux précipitations)
Lumière	**Gestion des cultures de couverture :** évaluation de la mesure dans laquelle les cultures de couverture font de l'ombre au sol. **Agroforesterie :** évaluation de la mesure dans laquelle différents arbres ou combinaisons de plantes font de l'ombre au sous-bois.

le plus important à l'utilisation de ces technologies par les agriculteurs est peut-être la nécessité de disposer d'un ordinateur pour télécharger des données ou des logiciels. J'espère cependant faire la lumière sur une technologie abordable qui 1) est utile pour mener des expériences agricoles ; 2) rend les données accessibles aux agriculteurs ; 3) peut être utilisée pour surveiller les conditions dans les espaces agricoles tels que les banques de semences (Figure 1) ; et que 4) les agriculteurs peuvent potentiellement utiliser (après prototypage et programmation).

Technologies exclusives et technologies à licence libre

Les technologies exclusives sont généralement produites dans des usines avec des restrictions de droits d'auteur sur le codage et la conception. Tant que vous les installez correctement, en suivant les manuels d'instructions fournis, elles fonctionnent généralement comme prévu et prennent peu de temps à installer. Cependant, le coût des enregistreurs et des stations météorologiques exclusives est souvent hors de portée des petits agriculteurs et de ceux qui travaillent parmi eux. Une station météorologique de niveau recherche peut facilement coûter 800 USD ou plus. Même avec les garanties et l'assistance technique de l'entreprise, la maintenance des produits et le remplacement des composants endommagés constituent un défi dans de nombreuses régions du monde. En outre, les produits nécessitent souvent des mises à jour des logiciels et finissent par devenir « obsolètes », obligeant l'utilisateur final à acheter du matériel plus récent.

❶ Formule : DJC = ([température maximale + température minimale]/2) - température minimale pour la croissance des cultures

Par exemple, disons qu'un jour donné, les températures ont atteint un minimum de 25°C et un maximum de 32°C.

La culture pour laquelle nous calculons les DJC cesse de croître si les températures descendent en dessous d'un minimum de 10°C.

Par conséquent, le nombre de DJC pour ce jour = ([32 + 25]/2) - 10 = 18,5. Cette opération est effectuée pour chaque jour de croissance de la culture, ce qui permet de suivre le nombre cumulé de DJC au cours de la saison de croissance.

Cet article se concentre sur la technologie à licence libre liée à la gamme des microcontrôleurs Arduino®. Ces technologies sont basées sur le libre partage de la conception des logiciels et du matériel. Les inconvénients de ces technologies sont qu'elles demandent du temps pour les assembler et pour développer le code logiciel qui les fait fonctionner. La programmation est toutefois simplifiée grâce au logiciel Arduino IDE disponible gratuitement et le micrologiciel (programme) peut être édité si nécessaire pour des modifications futures. De plus, les composants sont disponibles sur des sites internationaux tels que AliExpress et Bangood et sont facilement remplaçables. En ce qui concerne le coût, à ce jour (mars 2022), chacun des microcontrôleurs mentionnés dans cet article peut être acquis pour moins de 10 USD.

Que fait un microcontrôleur ?

Pensez à un microcontrôleur comme à un minuscule ordinateur qui effectue des tâches spécifiques, comme la lecture d'un capteur toutes les heures. Une fois programmés, le microcontrôleur et les capteurs qui lui sont connectés peuvent fonctionner indépendamment d'un ordinateur. L'utilité des microcontrôleurs va au-delà de l'enregistrement des données. Les microcontrôleurs peuvent effectuer des actions déclenchées par les relevés des capteurs. Vous pourriez allumer une source de chaleur si les températures baissent trop ou activer une électrovanne si les niveaux d'humidité du sol indiquent qu'il faut arroser un jardin ou un champ.

Utilisation de microcontrôleurs à ECHO

Mon intérêt pour les microcontrôleurs a commencé par un passe-temps consistant à élever des poissons et des coraux dans un aquarium d'eau salée. J'ai été "accroché" après avoir découvert que je pouvais utiliser un Arudino® Uno pour automatiser l'exposition à la lumière et l'ajout de composés (par exemple, du calcium) pour la croissance du corail. J'ai rapidement réalisé que ce que j'apprenais était pertinent pour les systèmes agricoles. Je ne me considère pas comme un électricien ou un programmeur informatique, mais vous trouverez ci-dessous certains des dispositifs que j'ai construits à ECHO grâce à mon apprentissage et à ma pratique indépendants. Ils vous donneront peut-être des idées pour vos propres applications.

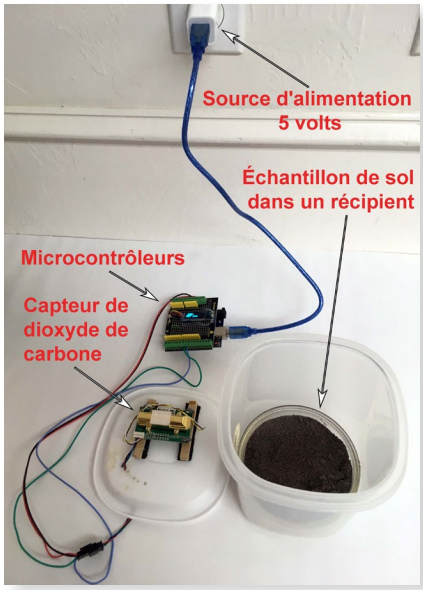


Figure 2. Capteur de dioxyde de carbone. *Source:* Tim Motis

Capteur de dioxyde de carbone

Lorsque les êtres vivants respirent, ils libèrent du dioxyde de carbone. La libération de dioxyde de carbone par le sol sert d'indicateur global de l'activité microbienne du sol (Gyawali *et al.*, 2019). Une recherche sur Internet concernant les capteurs de dioxyde de carbone donne lieu à une série d'options. J'utilise le capteur MH-Z14A, qui mesure jusqu'à 5000 parties par million (ppm) de dioxyde de carbone. La concentration de dioxyde de carbone dans l'air extérieur est d'un peu plus de 400 ppm. Avec la configuration présentée dans la figure 2, les relevés restent bien en dessous de la limite mesurable de 5000 ppm. Avant de prendre les mesures, nous tamisons le sol pour exclure la respiration des racines des plantes. Le taux de libération du dioxyde de carbone par le sol sera plus élevé pour un sol humide que pour un sol sec, c'est pourquoi nous prenons des mesures, par exemple en prélevant des échantillons de sol en même temps, pour nous assurer que tous les échantillons ont la même humidité.

Figure 3. Luminomètre avec capteurs de lux dans des bouteilles en verre sombres pour mesurer le pourcentage d'ombre. *Source:* Tim Motis

Compteur de lumière

Le compteur de la figure 3 mesure l'intensité lumineuse de quatre capteurs le long d'une barre d'environ 1 m de long. Alimenté par une batterie de 3,7 volts,[2] il affiche le lux moyen des quatre capteurs. Nous l'utilisons pour mesurer l'ombre des arbres ou des cultures de couverture. Dans chaque parcelle, nous prenons une mesure au-dessus (plein soleil) et en dessous du couvert végétal. A partir de ces relevés, nous calculons le pourcentage d'ombre. Le plein soleil peut dépasser 100 000 lux (Ferrante et Mariani, 2018). Les capteurs que j'ai utilisés ne lisent que jusqu'à 55 000 lux. Cela poserait un problème si je voulais connaître la valeur absolue (réelle) de la lumière du soleil qui frappe le capteur. Comme je veux seulement calculer le pourcentage d'ombre, j'ai placé les capteurs dans des bouteilles en verre de couleur sombre. Les bouteilles étant suffisamment sombres pour que les relevés soient inférieurs à 55 000 lux, les relevés de lux continuent d'augmenter avec l'ensoleillement, ce qui permet de calculer le pourcentage d'ombre même au moment le plus lumineux de la journée.

Stations météorologiques

Les précipitations sont essentielles à la vie des plantes et des animaux et constituent un paramètre météorologique important à mesurer dans toute ferme expérimentale. La façon la plus simple et la plus fiable de le faire est de mesurer la pluie recueillie dans un cylindre.[3] Il n'est cependant pas toujours possible de lire et de vider manuellement la jauge chaque jour. Il y a aussi le problème de la perte par évaporation entre les lectures, en particulier dans les climats chauds, qui peut fausser les valeurs. L'automatisation de la tâche de mesure des précipitations permet de résoudre ces problèmes et est généralement réalisée avec des pluviomètres à auget basculeur à vidage automatique.

Avec un pluviomètre à auget basculeur, l'eau est acheminée vers deux petits augets sur un axe horizontal. Lorsque le premier se remplit, le poids supplémentaire le fait basculer vers le bas, plaçant le second auget sous l'entonnoir. Cette action se répète lorsqu'il pleut. À chaque basculement, un aimant fixé à l'ensemble du seau se déplace sur un interrupteur à lames relié à une source d'alimentation et à un microcontrôleur. Vous pouvez programmer le microcontrôleur pour qu'il compte les impulsions électriques qui en résultent, puis calculer les précipitations en fonction du volume d'un auget basculeur et de la surface de votre collecteur de pluie.[4]

[2] La plupart des microcontrôleurs fonctionnent en 3,3 ou 5 volts. J'utilise souvent des piles au lithium-ion de 3,7 volts, pour les raisons suivantes :

- Elles alimentent les microcontrôleurs de 3,3 volts que j'utilise le plus fréquemment (Arduino Pro Mini et Wemos Lolin ESP32).
- Elles peuvent facilement être associées à des convertisseurs boost bon marché pour alimenter des microcontrôleurs de 5 volts ; pour trouver des options en ligne, utilisez une phrase de recherche comme "DC-DC 3.7v to 5v boost converter step up module".
- Elles sont rechargeables.

Parmi les autres options de piles, citons les piles alcalines (non rechargeables) et les piles rechargeables au nickel-hydrure de métal (NiMH) double A. Parmi les sites Web contenant des informations sur l'utilisation des piles, citons Sparkfun et Battery University.

[3] Vous pouvez fabriquer votre propre pluviomètre manuel à l'aide de récipients courants. Voir Make a Rain Gauge [Fabriquer un pluviomètre] d'AlphaRomeo (2011).

[4] Étapes de l'étalonnage d'un auget basculeur à utiliser avec un microcontrôleur :

1) Équilibrez les deux augets basculeurs afin que chacun d'eux bascule vers le bas avec le même volume d'eau. Pour ce faire, utilisez un tournevis pour ajuster la hauteur d'une vis située sous chaque seau.

2) Déterminez le volume d'eau par basculement. Comme 1 millilitre (ml) est égal à 1 centimètre cube (cm), il est préférable de le faire en ml. Versez lentement 100 ml d'eau dans le pluviomètre et comptez les basculements. Faites-le trois ou quatre fois et calculez le nombre moyen de basculements par 100 ml d'eau. Disons que vous obtenez 25 basculements. 100 ml/basculement divisé par 25 basculements = 4 ml/basculement. 4 ml = 4 cm cubes.

3) Calculez la surface de captage en cm. La surface d'un carré est la longueur multipliée par la largeur. Celle d'un cercle est pi (3,14) multiplié par le carré du rayon (la moitié du diamètre). Disons que votre zone de captage est de 100 cm carrés.

4) Hauteur de pluie par basculement = volume du

❹ basculement en cm cubes, divisé par la surface du bassin versant en cm carrés. La hauteur de pluie par basculement est donc égale au nombre calculé à l'étape 2 divisé par celui calculé à l'étape 3. Dans ce cas, la hauteur de pluie par basculement = 4/100, 0,04 cm de pluie par basculement.

5) Dans le code que vous utilisez pour programmer votre microcontrôleur, définissez 1 basculement comme 0,04 cm ou l'équivalent en mm ou en pouces.

Figure 4. Stations météorologiques alimentées par énergie solaire avec des capteurs de pluie manufacturés (A et B) et faits maison (C) connectés à des microcontrôleurs. *Source:* Tim Motis

❺ Vous trouverez des critiques et des liens vers des informations sur les coûts des stations météorologiques domestiques sur des sites Web tels que The Weather Makers et Weather Station Advisor. Hannan (2020) passe en revue plusieurs stations météorologiques du point de vue de la gestion des parasites et des maladies des plantes.

Les pluviomètres à auget basculeur ne sont généralement qu'un élément des stations météorologiques qui mesurent également d'autres paramètres tels que la température de l'air et l'humidité relative.❺ Si le coût d'achat d'une station météorologique n'est pas nécessairement prohibitif, il peut être difficile de la réparer en cas de dysfonctionnement d'un composant. En construisant la vôtre, vous pouvez la personnaliser grâce à des pièces remplaçables.

La première station météo que j'ai assemblée mesurait les précipitations à l'aide d'un capteur de pluie Misol WH-SP-RG (figure 4A), généralement vendu comme pièce de rechange pour les stations météo domestiques. La figure 4C montre une station météorologique que j'ai construite pour mon jardin avec un pluviomètre constitué d'un entonnoir métallique collé au sommet d'une boîte de conserve placée sur des seaux basculants fabriqués à partir d'une fine feuille de métal, comme décrit par Hampton (2016). Les stations météorologiques présentées dans la figure 4 sont alimentées par des batteries de 3,7 volts chargées par l'énergie solaire, enregistrent les données sur une carte microSD et les envoient sur Internet pour un suivi par téléphone mobile. Grâce au processus de test et de résolution des problèmes, j'ai constaté que les relevés manqués avec ces stations météorologiques sont généralement dus à l'alimentation (les batteries s'épuisent avec une énergie solaire inadéquate) ou à des problèmes mécaniques (débris tombant dans le pluviomètre et empêchant le mouvement de l'auget basculeur). Un pluviomètre manuel pourrait servir de pluviomètre de secours en cas de dysfonctionnement d'un pluviomètre à auget basculeur (figure 5).

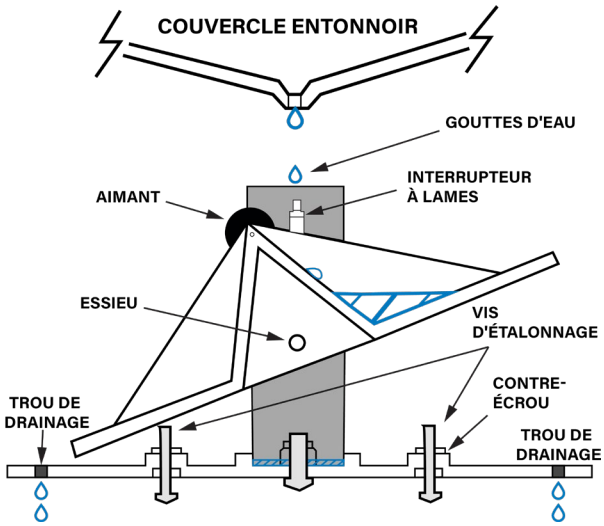


Figure 5. Diagramme des composants d'un pluviomètre à auget basculeur. *Source*: Renee Gill, adapté de https://www.instructables.com/Arduino-Weather-Station-Part3-Rain/

Contrôleur de température et d'humidité de la banque de semences

Certaines de nos semences à ECHO en Floride sont conservées dans une pièce refroidie par un climatiseur

de fenêtre relié à un contrôleur CoolBot. Nous avions besoin d'un moyen de surveiller la température pour nous assurer que le CoolBot fonctionne correctement. En utilisant certains des composants utilisés pour les stations météorologiques, j'ai pu fabriquer un moniteur de température et d'humidité (figure 1) qui envoie des données à une unité de réception dans un bâtiment adjacent où il y a une connexion Internet sans fil. Interfacé avec un site web appelé IFTTT (If This Then That), l'unité de réception envoie une alerte par courriel si la température dans la salle de stockage des semences dépasse 16°C.

Exemples de microcontrôleurs et de capteurs

Microcontrôleurs

Pour apprendre à utiliser les microcontrôleurs, beaucoup de gens commencent par l'Arduino Uno. Il offre de nombreuses fonctionnalités. Pour les applications sur le terrain fonctionnant sur batterie, je préfère utiliser les microcontrôleurs plus petits que sont Arduino Pro Mini ou Arduino Nano, qui consomment moins d'énergie que l'Uno. Le Pro Mini et le Nano sont les deux microcontrôleurs avec lesquels j'ai eu le plus de succès pour le suivi des précipitations.

Un autre microcontrôleur qui fonctionne bien sur le terrain est le Lolin ESP32. Il est optimisé pour être alimenté par des batteries lithium-ion de 3,7 volts. Je l'utilise pour enregistrer la température et l'humidité du sol. Comme pour les Pro Mini et Nano, vous pouvez prolonger la durée de vie des piles en programmant le microcontrôleur pour qu'il fonctionne en mode veille entre les relevés. Il est également doté des fonctions Bluetooth® et WiFi (Internet).

Le Lolin ESP32 est mieux optimisé pour une faible consommation que l'ESP8266, mais j'ai trouvé l'ESP8266 utile pour recevoir des données d'autres microcontrôleurs et les envoyer sur Internet.

Voici quelques facteurs à prendre en compte lors du choix d'un microcontrôleur pour votre projet:

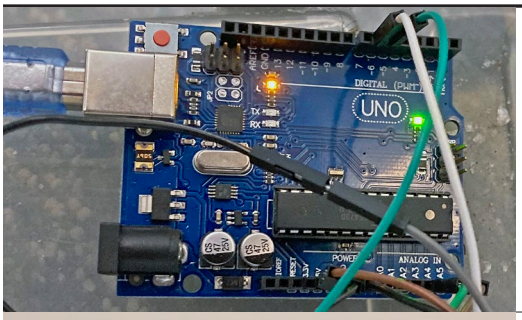
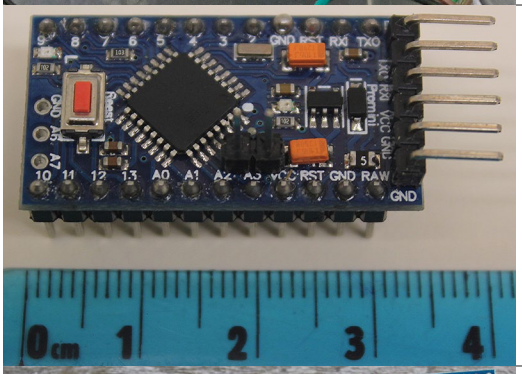
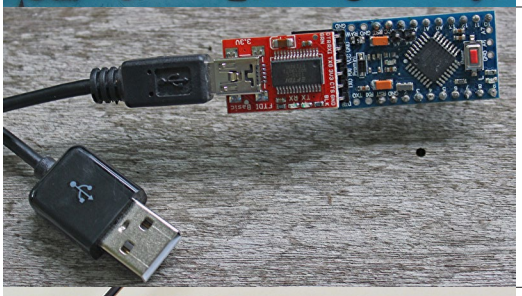
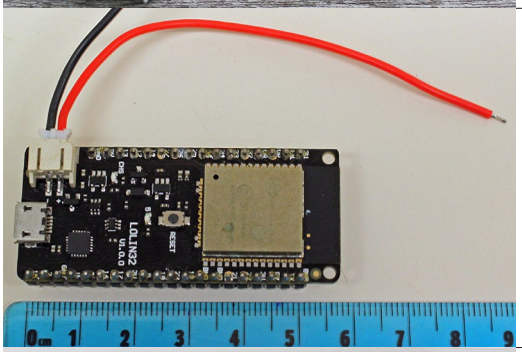
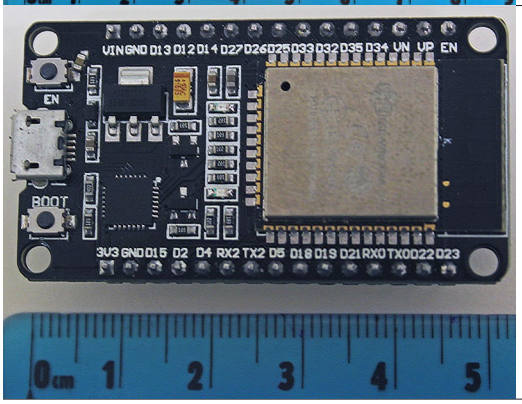
- L'alimentation électrique nécessaire
- Options de faible puissance pour les applications alimentées par batterie.
- La nécessité ou non d'une fonctionnalité WiFi ou Bluetooth®.
- Compatibilité avec les capteurs que vous prévoyez d'utiliser ; la conception est plus facile si la tension de fonctionnement du capteur et du microcontrôleur est la même.

Tous les microcontrôleurs du tableau 2 sont disponibles sur des sites Web tels qu'AliExpress et Bangood, qui assurent des livraisons internationales. Lorsque vous achetez un microcontrôleur, faites attention à tous les autres articles dont vous pourriez avoir besoin. Il s'agit notamment du câble USB approprié et, dans le cas du Lolin 32, d'un connecteur pour connecter une batterie d'alimentation.

Capteurs

Que voulez-vous mesurer ? Jusqu'à présent dans cet article, j'ai mentionné les précipitations, la température, la moiteur, l'humidité du sol et la lumière. Il existe probablement un capteur pour n'importe quel

Tableau 2. Exemples et brèves descriptions de quelques microcontrôleurs.

	**Arduino Uno** Tension de fonctionnement : 5 volts Connecteur USB : Type B Coût sur AliExpress : 8,80 USD[1] Vitesse : 16 mégahertz
	**Arduino Pro Mini** Tension de fonctionnement : 3,3 volts Coût sur AliExpress: 4,94 USD[1] Vitesse : 8 mégahertz REMARQUES : Les six broches à droite se connectent à ce qu'on appelle un adaptateur FTDI (composant rouge sur la photo du bas), qui se connecte à un ordinateur via USB (le câble nécessaire dépend du connecteur USB de l'adaptateur FTDI que vous achetez).
	Il existe également une version 16 mégahertz qui fonctionne à 5 volts. Un microcontrôleur similaire appelé Arduino Nano (figure 1) fonctionne également à 5 volts et ne nécessite pas l'adaptateur FTDI.
	**Lolin ESP32** Tension de fonctionnement : 3,3 volts Coût sur AliExpress : 5,15 USD[1] Vitesse : 240 mégahertz Connecteur USB : micro USB REMARQUES : Pour alimenter avec une batterie lithium-ion de 3,7 volts, vous avez besoin d'un connecteur PH-2, 2.0 mm, généralement vendu en packs. La photo à gauche montre un connecteur avec des fils rouges et noirs.
	**ESP8266 (Nodemcu 12-E)** Tension de fonctionnement : 3,3 volts Coût sur AliExpress : 1,90 USD[1] Vitesse : 80 mégahertz Connecteur USB : micro USB REMARQUE : Fonctionne très bien pour recevoir des données et les transmettre à un serveur web.

[1]Les coûts mentionnés dans ce tableau, obtenus en 2022, pourraient changer au fil du temps. Ils ne prennent pas en compte les frais d'expédition, qui peuvent varier selon les pays. En passant commande sur des sites Web tels qu'Amazon, vous pouvez recevoir des articles plus rapidement, mais les coûts seront plus élevés.

paramètre agricole ! Vous trouverez ci-dessous de brèves descriptions et des suggestions de capteurs que je connais bien.

Température et humidité

De nombreux capteurs mesurent à la fois la température et l'humidité. L'un des plus simples est le capteur DHT22 (tableau 3A), disponible sous forme d'un module qui possède déjà la résistance requise. Il fonctionne bien pour mesurer la température et l'humidité dans une pièce ou un récipient de stockage de semences. Lorsqu'il est placé à l'extérieur, le capteur d'humidité a tendance à rester à 99,9 % pendant les premières heures du matin, un problème causé par la condensation sur le capteur. Pour une station météo extérieure, je préfère un capteur Sensirion SHT3X (par exemple SHT31) dans un boîtier en plastique ou en céramique. Vous pouvez les trouver sur AliExpress pour 11 USD. Protégez le capteur du soleil, tout en maintenant une circulation d'air autour du capteur, pour éviter de surestimer la température (Tarara et Hoheisel, 2007) ; vous pouvez fabriquer votre propre bouclier anti-radiation avec de petites assiettes ou des bols (Jakub_Nagy, 2017).

La température du sol peut être surveillée avec la version étanche du capteur DS18B20 (tableau 3B). Je les enfouis dans le sol tels quels, mais l'étanchéité pourrait être optimisée davantage en les insérant dans un tuyau en PVC enfoncé dans le sol.

Niveau de précipitations

Pour fabriquer votre propre pluviomètre, vous avez besoin d'un interrupteur à lames, d'un petit aimant et d'un auget basculeur. Recherchez ce que l'on appelle un interrupteur reed ***normalement ouvert***. Un paquet de 10 interrupteurs coûte moins de 1 USD sur AliExpress. Les aimants peuvent être aussi petits que 2 mm de large et coûtent moins de 3 USD sur AliExpress. L'assemblage de l'auget basculeur nécessite un peu de créativité artisanale. Vous pouvez utiliser des matériaux locaux pour fabriquer les augets basculeurs et un support pour maintenir les augets et l'interrupteur à lames en place. Une approche plus simple serait d'acheter un capteur de pluie ou d'utiliser celui d'une vieille station météorologique. Tout capteur de pluie à auget basculeur fonctionnera si vous pouvez accéder aux deux fils reliés à l'interrupteur à lames.

Humidité du sol

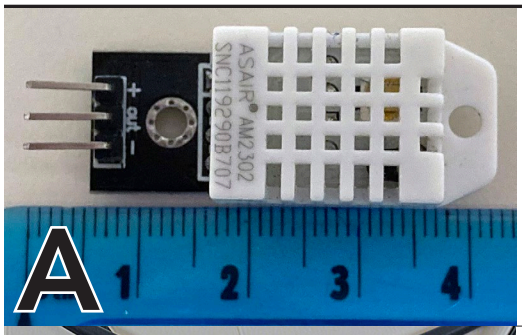
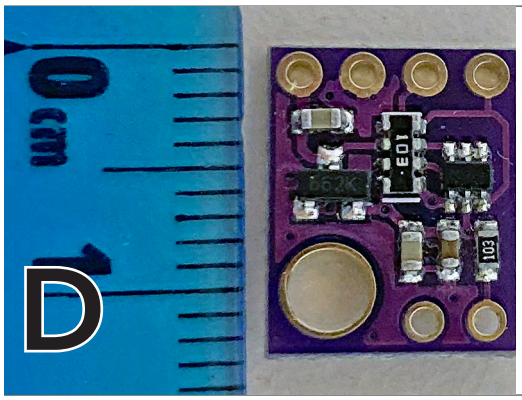
La surveillance de l'humidité du sol vous aide à évaluer l'impact des précipitations ou de l'irrigation. Vous devrez probablement enfouir un capteur d'humidité du sol à une profondeur où se trouvent la plupart des racines nourricières de votre culture. Les données du capteur indiqueront si l'eau provenant d'une pluie ou d'une irrigation est suffisante pour mouiller le sol à cette profondeur. Il existe des capteurs basés sur la résistance et la capacité.[6] Pour éviter la corrosion, utilisez un capteur capacitif comme celui présenté dans le tableau 3C.

[6] Seeedstudio, un fournisseur de capteurs d'humidité du sol, propose un article intitulé Soil Moisture Sensor - Getting Started with Arduino qui explique la différence entre les capteurs d'humidité du sol résistifs et capacitifs.

Lumière

Le tableau 3C présente un capteur de lumière qui mesure la lumière visible dans une unité appelée lux. Toute la lumière visible ne peut pas être utilisée par les plantes pour la photosynthèse ; cependant, une mesure en lux fournit un indicateur de l'intensité lumineuse au moment où elle est prise. Les mesures en lux peuvent être utilisées pour évaluer l'efficacité des cultures de couverture pour faire de l'ombre au sol. Les

Tableau 3. Exemples et brèves descriptions de capteurs couramment utilisés avec les microcontrôleurs.

	**Capteur de température/humidité DHT22** Tutoriel: Arduino- Temperature Humidity Sensor Tension: 2,3 à 5,5 volts Coût sur AliExpress: 2,40 USD[1] REMARQUE : Pour éviter d'avoir à acheter et à connecter une résistance nécessaire, achetez le capteur sous forme de module (photo de gauche); le module aura déjà la résistance jointe.
	Sonde de température étanche DS18B20 Tutoriel: Adruino-Temperature Sensor Tension: 3,0 à 5,5 volts Coût sur AliExpress: 1,67 USD[1] REMARQUE : Le capteur nécessite une résistance de 4,7 kilo ohms ; il peut être acheté avec un module qui comprend la résistance, ce qui évite d'avoir à acheter une résistance externe.
	Capteur d'humidité du sol Tutoriel: Capacitive soil moisture sensor Coût sur AliExpress: 0,57 USD[1] Tension: 3,3 à 5,5 volts REMARQUE : Protégez l'électronique en haut du capteur de l'eau/de la pluie. Je place ces capteurs dans de courtes sections de tuyaux en PVC.
	**Capteur de lumière (lux) MAX44009** Tutoriel: Wemos and MAX44009 ambient light sensor example Lux maximum: 188,000 Tension: 1,7 à 3,6 volts (à connecter à la broche 3,3 volts des microcontrôleurs) Coût sur AliExpress: 4,45USD[1]

[1]Les coûts mentionnés dans ce tableau, obtenus en 2022, pourraient changer au fil du temps. Ils ne prennent pas en compte les frais d'expédition, qui peuvent varier selon les pays. En passant commande sur des sites Web tels qu'Amazon, vous pouvez recevoir des articles plus rapidement, mais les coûts seront plus élevés.

jeunes plants dans les serres et les pépinières ont souvent besoin d'être protégés du plein soleil ; les mesures en lux peuvent être utiles pour estimer la quantité d'ombre sous les toiles d'ombrage ou les structures qui fournissent de l'ombre.

Matériel de soutien

D'autres composants sont nécessaires pour permettre à un microcontrôleur d'exécuter les fonctions souhaitées. Dans une zone éloignée, sans signal téléphonique ou de WiFi, vous pouvez enregistrer les relevés (par exemple, la température) sur une carte SD, puis transférer périodiquement les données vers un téléphone ou un ordinateur. Pour suivre les conditions de culture dans le temps, vous devrez connaître la date et l'heure de chaque relevé. Le stockage de

données horodatées sur une carte SD peut être facilement réalisé en connectant des modules microSD (Tableau 4A) et horloge (Tableau 4B) à votre microcontrôleur. Les relevés peuvent également être affichés sur un petit écran (Tableau 4C).

L'accès immédiat et à distance aux relevés mesurés sur le terrain facilite la prise de décisions urgentes. Pour surveiller les conditions en temps réel, je préfère les émetteurs-récepteurs radio LoRa (longue portée) (tableau 4D) pour une communication à faible puissance. Un émetteur-récepteur peut transmettre ou recevoir des données, ce qui vous permet d'envoyer des données d'un microcontrôleur à un autre. Pour ce faire, vous avez besoin d'un émetteur-récepteur LoRa sur chaque microcontrôleur. Les données entrantes provenant du terrain peuvent être visualisées sur un écran d'affichage et/ou mises en ligne. Thingspeak et Adafrut IO sont des plateformes web qui vous permettent de visualiser sur votre téléphone ou votre ordinateur des graphiques mis à jour en permanence à partir des relevés effectués sur le terrain. La capacité de leurs comptes gratuits est suffisante pour la plupart des applications.

Fournir la bonne tension à un microcontrôleur nécessite d'autres composants. Les microcontrôleurs mentionnés dans cet article peuvent être alimentés par 5 volts ; ceux qui fonctionnent à 3,3 volts ont des régulateurs de puissance internes qui convertissent 5 volts en 3,3 volts,

Tableau 4. Exemples et brèves descriptions de composants matériels de soutien couramment utilisés avec les microcontrôleurs.

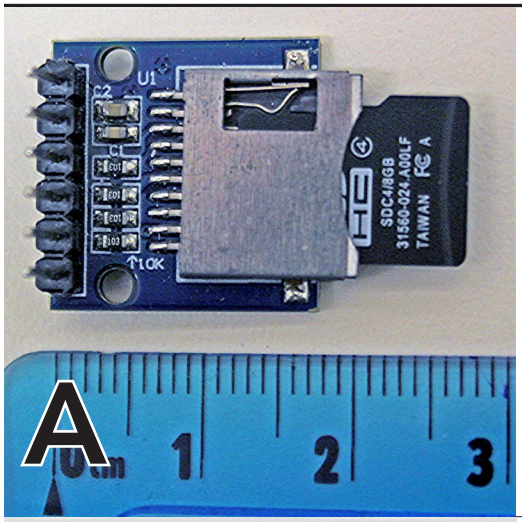
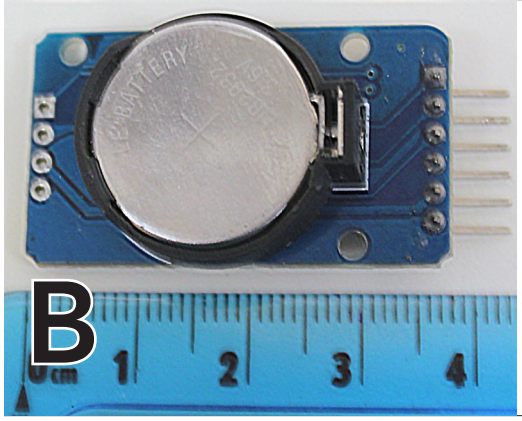
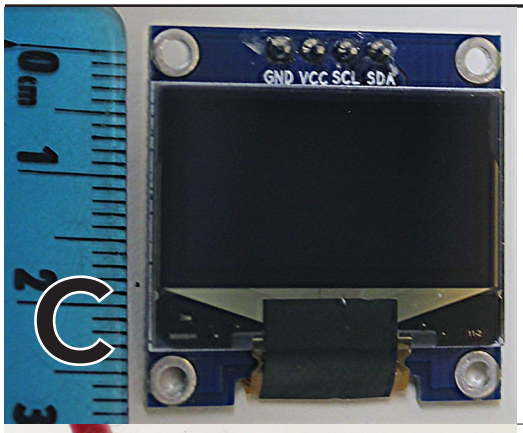
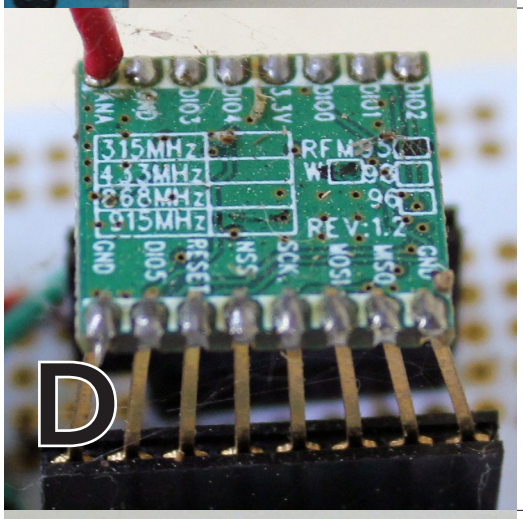
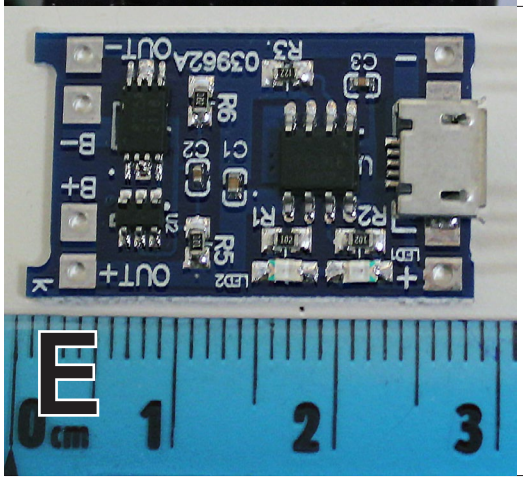
	**Module d'extension de carte Micro SD** Tension de fonctionnement: 3,3 volts Tutoriel: SD card module with Arduino: how to read/write data Coût sur AliExpress: 2,28 USD pour 10 pièces[1] REMARQUE : Si votre microcontrôleur fonctionne à 5 volts, utilisez un module de carte micro SD qui accepte 5 volts.
	**Horloge temps réel (DS3231)** Tension de fonctionnement : 3,3 ou 5 volts Tutoriel: Arduino - RTC Coût sur AliExpress : 3,89 USD[1] REMARQUE : Alimentez l'horloge avec une pile CR2032 ou LIR2032 afin que l'heure soit conservée même si le microcontrôleur n'est plus alimenté.

Tableau 4. Exemples et brèves descriptions de composants matériels de soutien couramment utilisés avec les microcontrôleurs.

	**Module d'affichage OLED** Coût sur AliExpress: 1,68 USD[1] Tension de fonctionnement: 3,3 à 5 volts Tutoriel: Arduino - OLED REMARQUE : Ils existent en différentes tailles, notamment 128 X 64 (photo de gauche) et 128 X 32 pixels.
	**Émetteur-récepteur RFM95 LoRa** Tension de fonctionnement : jusqu'à 3,7 volts Tutoriel: Introducing LoRa Coût sur AliExpress : 3,40 USD[1] REMARQUE : Des fournisseurs comme Adafruit proposent l'émetteur-receveur sous forme de module plus facile à utiliser et compatible avec les systèmes 3,3 et 5 volts.
	**Chargeur de piles au lithium TP4056** Tension d'entrée: 0,3 à 8 volts Tutoriel: DIY-solar battery charger Tension de charge: 4,2 volts Coût sur AliExpress: 0,20 USD[1] REMARQUE : fonctionne bien pour charger des batteries rechargeables au lithium de 3,7 volts (par exemple, une batterie 18650) avec des panneaux solaires de 6 volts. ATTENTION : Le TP4056 a une protection intégrée contre la surcharge. Néanmoins, prenez le temps d'apprendre à utiliser les piles en toute sécurité.

[1]Les coûts mentionnés dans ce tableau, obtenus en 2022, pourraient changer au fil du temps. Ils ne prennent pas en compte les frais d'expédition, qui peuvent varier selon les pays. En passant commande sur des sites Web tels qu'Amazon, vous pouvez recevoir des articles plus rapidement, mais les coûts seront plus élevés.

tant que le régulateur n'est pas contourné. Un moyen facile d'alimenter un microcontrôleur en 5 volts est de le connecter avec un câble USB à une prise murale de 5 volts utilisée pour charger les téléphones portables. L'alimentation par batterie fonctionne mieux pour les dispositifs extérieurs. Le tableau 4E présente un contrôleur de charge utile pour intégrer des batteries rechargeables à l'énergie solaire. Si elle n'est pas déjà intégrée à votre panneau solaire, utilisez une diode

(un composant électrique qui permet à l'électricité de circuler dans un seul sens) pour empêcher l'alimentation de la batterie de circuler vers le panneau solaire pendant la nuit. Utilisez un élévateur de tension si la tension de votre alimentation est inférieure à celle dont votre microcontrôleur a besoin.

Conseils pour débuter

Programmation

La plupart des microcontrôleurs sont équipés d'un port USB. Comme nous l'avons mentionné précédemment, achetez le bon câble USB pour votre microcontrôleur ; le tableau 2 indique le connecteur USB correct pour les microcontrôleurs correspondants. Connectez une extrémité du câble à un port USB de votre ordinateur et l'autre extrémité au connecteur USB de votre microcontrôleur.

J'utilise le logiciel Arduino IDE pour programmer mes microcontrôleurs. Il est gratuit et disponible pour les systèmes d'exploitation informatiques Windows, macOS et Linux. Les programmes développés dans le logiciel Arduino sont appelés ***sketches***. Ils sont écrits dans le **langage de programmation Arduino** (basé sur le C++), puis téléchargés sur votre microcontrôleur. Heureusement, il n'est pas nécessaire d'être un programmeur chevronné pour créer des croquis pour vos projets. Pour tout ce que j'ai construit jusqu'à présent, j'ai trouvé de multiples tutoriels et exemples qui non seulement expliquent comment connecter des capteurs à des microcontrôleurs, mais fournissent également des croquis avec une explication du fonctionnement du code de programmation. Rendez-vous sur la page " Getting Started " du site Web d'Arduino pour apprendre comment télécharger le logiciel et commencer à programmer.

Mon conseil est de commencer petit. De nombreuses personnes commencent par apprendre à faire clignoter une petite lumière LED ; les kits de démarrage Arduino sont souvent fournis avec des LED, des fils de connexion et d'autres petites pièces. Faites fonctionner un seul capteur ou une seule fonction à la fois. Conservez les croquis que vous avez réussis pour une utilisation ultérieure. Les petites victoires vous permettront de développer un code qui vous sera utile pour vos projets ultérieurs.

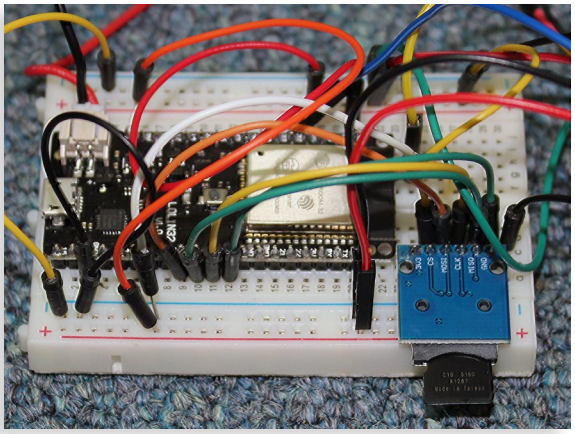


Figure 6. Planche à pain sans soudure (base en plastique blanc) et fils de liaison (fils de couleur). *Source:* Tim Motis

Prototypage

Assurez-vous que votre projet fonctionne avant d'essayer de construire quelque chose de permanent. Il existe des kits de démarrage pour les débutants. Recherchez-en un qui contient quelques planches d'essai sans soudure et des jeux de fils de liaison préfabriqués (figure 6). Une planche d'essai sans soudure est un composant en plastique comportant des rangées et des colonnes de trous, marqués par des lettres et des chiffres, dans lesquels vous pouvez insérer des broches et des fils. Aucune soudure n'est nécessaire.[7] Les broches et les fils sont maintenus en place par des bandes métalliques à l'intérieur de la plaque d'essai qui relient les rangées et les colonnes de trous.

Les fils de liaison sont des fils électriques servant à connecter des composants sur une planche d'essai. Vous pouvez fabriquer vos

[7] La soudure consiste à faire fondre de la soudure pour lier de façon permanente des pièces métalliques. La soudure est un alliage métallique disponible sous différentes formes. Pour souder de petites pièces électroniques, la plupart des gens utilisent du fil de soudure sans plomb (Figure 8). The Arduino Guide to Soldering de Bagur (2022) explique plus en détail le type de fil de soudure à rechercher et comment souder.

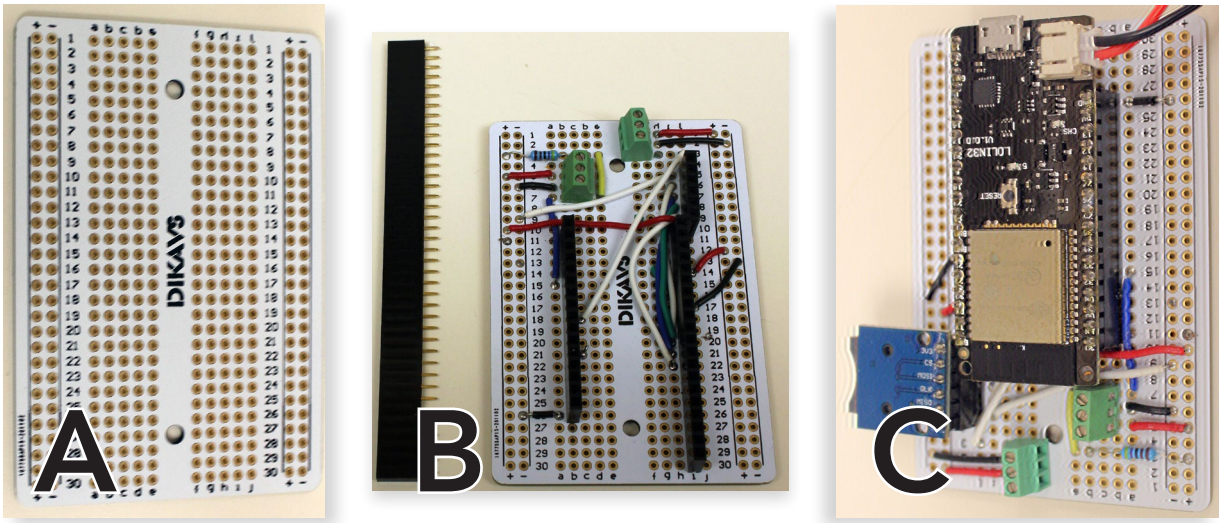


Figure 7. Carte Perma-proto avant (A) et après avoir soudé les têtes de broches et les fils (B), et branché un ESP32 Lolin et un module de carte MicroSD dans les têtes de broches femelles (C). Les composants verts sont des bornes à vis pour connecter les capteurs au microcontrôleur. *Source:* Tim Motis

Figure 8. Un fer à souder et de la soudure (A) et un outil pour couper les fils (B). *Source:* Tim Motis

propres fils de liaison à l'aide de fils électriques non torsadés de calibre 22 AWG (AWG est une unité normalisée pour l'épaisseur des fils) et d'une pince à dénuder pour retirer la gaine en plastique autour des extrémités de chaque fil. Les fils de liaison préfabriqués sont toutefois plus faciles à utiliser pour câbler et tester rapidement un circuit de planche d'essai. Ils sont disponibles en différentes longueurs avec des connecteurs mâles et/ou femelles aux extrémités.

Fabrication

Les bandes métalliques à l'intérieur des planches à pain sans soudure fonctionnent bien pour tester les circuits, mais les fils peuvent facilement se détacher. Pour une plus grande permanence, transférez votre circuit sur une carte de perma-proto (figure 7A), une version métallique d'une carte d'essai sans soudure avec la même disposition de trous. Pour ce faire, soudez les têtes de broches, les fils et tout autre composant supplémentaire sur la carte (figure 7B).[8] Une fois la broche appropriée soudée à la carte (femelle) et au microcontrôleur (mâle), placez le microcontrôleur sur la carte comme indiqué sur la Figure 7C. Avec cette approche, vous pouvez facilement retirer le microcontrôleur de la carte pour le remplacer ou le reprogrammer si nécessaire. Il en va de même pour les modules de support.

[8] Il existe de nombreux tutoriels et vidéos en ligne qui expliquent comment souder des fils, des broches et d'autres composants sur des planches à pain soudables. Les guides Adafruit et Sparkfun, illustrent comment installer les têtes de broches.

La soudure, comme toute autre chose, demande un peu de pratique mais n'est pas difficile à apprendre. J'utilise du ruban adhésif pour maintenir les composants en place pendant la soudure. Vous aurez besoin d'un fer à souder et d'un peu de cordon de soudure (Figure 8A). Recherchez un fer à souder avec des pointes remplaçables et, de préférence, une température réglable. Coupez l'excédent de fil à l'aide d'un outil de coupe comme celui illustré à la figure 8B.

Lorsque vous êtes prêt, vous devrez installer votre projet à son emplacement permanent. Protégez l'électronique du soleil, de la chaleur et de l'eau. La protection contre ces éléments est

particulièrement importante sous les tropiques. J'ai constaté que les microcontrôleurs placés dans des récipients en plastique exposés au soleil commencent à mal fonctionner car le flux (matériau utilisé dans la soudure pour améliorer la connectivité) de la soudure se répand dans les connexions. Pour cette raison, je préfère placer les composants dans de simples boîtes en bois. Le bois bloque le transfert de chaleur mais doit être protégé de la pluie. Pour recouvrir une boîte en bois, vous pouvez utiliser du papier d'aluminium ou des morceaux d'étain. Tous les trous pour les fils allant vers des capteurs extérieurs doivent être percés dans le fond de la boîte si possible, pour permettre à l'eau qui s'infiltre dans la boîte de s'écouler.

En plus de la chaleur et de la pluie, protégez les appareils électroniques contre les insectes et les rongeurs. Les fourmis ne sont pas immédiatement destructrices, mais elles finiront par causer des problèmes. Si les appâts à fourmis sont inefficaces, vous pouvez mettre votre projet de microcontrôleur dans un récipient hermétique, comme un tuyau en PVC bouché ou un Tupperware®, puis placer le tout dans une boîte en bois ou l'enterrer sous terre. La figure 9 illustre un exemple de récipient étanche à l'air avec un accessoire de pompe à air et un bouchon de valve de pneu pour faire une connexion étanche pour les fils.

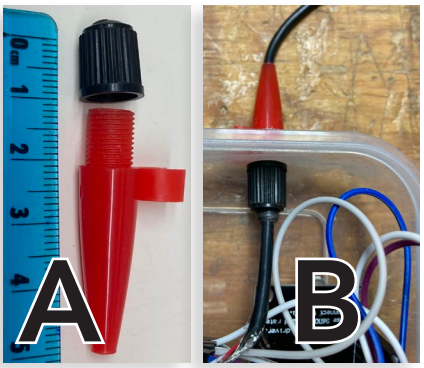


Figure 9. Un accessoire de pompe à air courant associé à un bouchon de pneu (A) pour faire un passage solide pour les fils sortant d'un récipient en plastique (B). De la colle silicone ou du mastic peuvent être ajoutés pour le rendre étanche. Percez un trou dans le bouchon du pneu et coupez l'extrémité de l'accessoire de pompe à air pour qu'elle corresponde au diamètre du fil. *Source:* Tim Motis

Dans certains cas, il est judicieux d'utiliser des tuyaux en PVC de petit diamètre comme conduit. Les tuyaux d'alimentation des systèmes d'irrigation goutte à goutte font également l'affaire. Si vos fils sont trop longs pour passer dans le tube, essayez ceci :

- Trouvez une longueur de fil non torsadé suffisamment épaisse et rigide pour être insérée dans le tube d'irrigation goutte à goutte.
- Soudez une extrémité de votre fil de capteur à une extrémité de votre fil à pousser (épais) (Figure 10A).
- Insérez l'autre extrémité (non soudée) de votre fil à pousser dans une extrémité du tube et poussez-le dans le tube jusqu'à ce que l'extrémité non soudée ressorte à l'autre extrémité du tube.
- Saisissez l'extrémité non soudée du fil à pousser et tirez-la avec le fil du capteur à travers le tube (figure 10B).
- Une fois le fil du capteur sorti, séparez le fil à pousser du fil du capteur

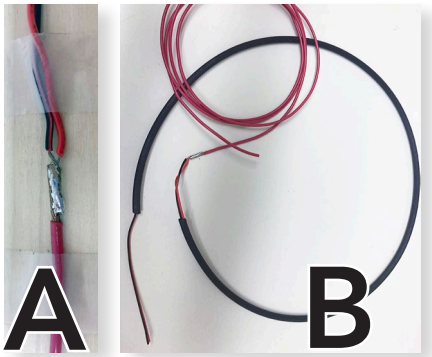


Figure 10. Fil du capteur (A ; haut) soudé à une extrémité du fil non toronné (A ; bas) utilisé pour tirer le fil du capteur à travers un tube d'alimentation d'irrigation goutte à goutte de ¼ pouce de diamètre (B). *Source:* Tim Motis

Conclusion

Les microcontrôleurs offrent un moyen abordable de surveiller les facteurs environnementaux qui influencent la vie végétale et animale. Choisissez des capteurs dont les spécifications et le niveau de précision conviennent à votre application. Avec des microcontrôleurs peu coûteux, vous pouvez à la fois surveiller et même contrôler les facteurs environnementaux. Le contrôle de facteurs tels que l'humidité du sol et les conditions dans les petits espaces est réalisé en utilisant les valeurs détectées pour activer et désactiver les mesures d'intervention (par exemple, les vannes d'irrigation, les ventilateurs et les sources de chaleur). Il est donc possible d'automatiser certaines tâches. Des connaissances en électronique et en informatique sont utiles, mais il n'est pas nécessaire d'être électricien ou programmeur informatique pour construire des dispositifs utiles. Au fil du temps, la disponibilité

des capteurs et des exemples de projets de microcontrôleurs utiles augmentera probablement, ce qui donnera lieu à davantage d'options. Les sections Références et Lectures complémentaires ci-dessous vous orienteront vers des informations complémentaires sur ce sujet.

Références

AlphaRomeo. 2011. Make a Rain Gauge [Fabriquer un pluviomètre]. https://www.instructables.com/Make-a-Rain-Gauge/

Bagur, J. 2022. The Arduino Guide to Soldering [Le guide Arduino sur la soudure]. https://docs.arduino.cc/learn/electronics/soldering-basics

Ferrante, A. et L. Mariani. 2018. Agronomic management for enhancing plant tolerance to abiotic stresses: high and low values of temperature, light intensity, and relative humidity [Gestion agronomique pour améliorer la tolérance des plantes aux stress abiotiques : valeurs élevées et basses de la température, de l'intensité lumineuse et de l'humidité relative]. *Horticulturae* 2018, 4(3) https://doi.org/10.3390/horticulturae4030021.

Gyawali, A.J., B.J. Lester, et R.D. Stewart. 2019. Talking SMAAC: A new tool to measure soil respiration and microbial activity [un nouvel outil pour mesurer la respiration et l'activité microbienne du sol]. Frontiers in Earth Science 7:138 doi: 10.3389/feart.2019.00138

Hampton, C.R. 2016. *Build a Wireless "Tipping Bucket" Rain Gauge, Part 1 – Assembling the Bucket* [*Construire un pluviomètre sans fil à "auget basculeur", 1ère partie - Assemblage de l'auget*]. Tout sur les circuits.

Hannan, J. Personal weather station for specialty crop management. Iowa State University Extension and Outreach [Station météorologique personnelle pour la gestion des cultures spécialisées]. https://www.extension.iastate.edu/smallfarms/personal-weather-station-specialty-crop-management

Jakub_Nagy. 2017. DS18B20 Radiation shield [Protection contre les radiations]. https://www.instructables.com/DS18B20-Radiation-Shield/

Tarara, J.M. et G. Hoheisel. 2007. Low-cost shielding to minimize radiation errors of temperature sensors in the field [Une protection à prix abordable pour minimiser les erreurs de radiation des capteurs de température sur le terrain]. *HortScience horts* 42, 6:1372-1379. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.42.6.1372.

Lectures supplémentaires

Fournisseurs qui proposent des tutoriels sur les microcontrôleurs et les capteurs

- Adafruit
- Sparkfun

Stations météo

- Une vidéo avec des informations sur le fonctionnement des pluviomètres à auget basculeur et sur la façon d'améliorer la précision en interfaçant un interrupteur à lames avec ce qu'on appelle un déclencheur de Schmitt : https://www.youtube.com/watch?v=KHrTqdmYoAk&t=872s
- Station météo qui enregistre la température et les précipitations : https://github.com/DesiQuintans/sneesl-rain-logger (dans

le dossier Firmware, cliquez sur le premier fichier [01_ Datalogger] pour obtenir un code qui fonctionne bien avec les microcontrôleurs Arduino Nano et Pro Mini).

Exemple de code pour les projets de microcontrôleurs de ECHO : https://github.com/ECHOInternational/Microcontrollers

Détection de l'humidité du sol avec des capteurs d'humidité du sol capacitifs : Hrisko, J. 2020. Calibrage des capteurs capacitifs d'humidité du sol avec Arduino. Maker Portal. https://makersportal.com/blog/2020/5/26/capacitive-soil-moisture-calibration-with-arduino

Échos de notre réseau: Un système de litière profonde pour la production naturelle de poulets

par Noah Elhardt, Beersheba Project, Senegal

Introduction

L'industrie avicole moderne a fait d'énormes progrès en matière d'efficacité et de productivité des exploitations de poulets, les poulets de chair hybrides atteignant 2,26 kg (5lbs) en seulement cinq semaines (Hinsemu *et al.*, 2018). Pour y parvenir, la génétique, la température, l'humidité, la lumière, la biosécurité et les éléments nutritifs sont tous méticuleusement contrôlés, tandis que les maladies potentielles sont maîtrisées de manière préventive avec des antibiotiques. Ces opérations peuvent être très rentables, mais sentent également mauvais et présentent d'importants risques environnementaux et sanitaires.

De nombreux petits agriculteurs des régions tropicales ne peuvent pas contrôler tous les facteurs nécessaires à la réussite de ce type d'opérations. Au Sénégal, les petits troupeaux sont régulièrement décimés par des maladies, le stress thermique ou d'autres complications. Cet article présente un système de culture alternatif originaire de Corée qui utilise une litière profonde.

Ce système (figure 11) accorde la priorité à la santé et à la robustesse des poulets en essayant de recréer les conditions naturelles des poulets. Ce système ne produit pas autant que les systèmes industriels, mais peut être plus rentable pour les petits éleveurs en réduisant à la fois les risques et les coûts. Il met l'accent sur l'élevage de poulets vigoureux, dotés d'une flore intestinale (population microbienne) équilibrée et élevés dans des conditions saines, afin que ces poulets

Figure 11. Un poulailler à litière profonde de 8x20 m opérationnel au Sénégal depuis 2017. *Source:* Noah Elhardt

Tableau 5. Avantages et défis du système de litière profonde.

Avantages	Défis
Faibles coûts de construction Faibles coûts d'exploitation Des poulets en bonne santé Peu ou pas d'odeur ou de mouches Moins de temps passé à nettoyer le poulailler Un compost de qualité, prêt à l'emploi Réduction des risques	L'approvisionnement en litière organique, en particulier dans les zones urbaines ou arides, peut être difficile. Les races à viande modernes à croissance rapide, comme la Cobb 500, ne possèdent plus la force ou l'instinct nécessaires pour gratter ou creuser dans la litière. L'élevage de ces races nécessite un travail supplémentaire pour retourner la litière. Ne produit pas autant que les systèmes à apport élevé.

puissent eux-mêmes se prémunir contre les maladies. Les avantages et les défis rencontrés avec le système de poulets à litière profonde sont énumérés dans le tableau 5.

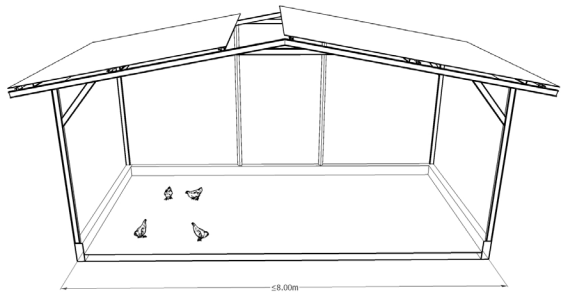


Figure 12. Dessin schématique d'un poulailler.
Source: Noah Elhardt

Figure 13. Un plancher plus petit. Au Sénégal, nous utilisons des copeaux de bois, des coques d'arachides et des paillettes de mil pour notre litière.
Source: Noah Elhardt

Caractéristiques du modèle (Figure 12)

Ce poulailler à litière profonde se distingue des autres poulaillers par trois caractéristiques principales : une couche organique comme plancher du poulailler, une ventilation accrue sur tous les côtés du poulailler et un espace dans le toit. Ces trois caractéristiques contribuent à créer un environnement sain dans lequel les poulets peuvent s'épanouir.

Litière

La litière au fond de toute la structure du poulailler doit avoir une profondeur d'au moins 15 cm. Une litière inadéquate deviendra humide, compacte et sentira mauvais. Choisissez une litière meuble, sèche et riche en carbone. Elle se combinera avec les excréments des poulets, riches en azote, pour former un compost vivant, transformé par les poulets lorsqu'ils grattent leur litière. Parmi les matériaux de litière possibles, citons les feuilles séchées, les coquilles d'arachide écrasées, les résidus de culture, les herbes et la sciure de bois (figure 13).

Une litière bien établie regorge de microbes qui décomposent rapidement le fumier et supplantent les organismes pathogènes. Vous pouvez immédiatement déterminer si une litière est saine – une litière saine sent comme le sol d'une forêt! Pour accélérer la formation d'une communauté microbienne diverse et active dans votre litière, vous pouvez l'inoculer avec des micro-organismes indigènes (MOI). Ceux-ci peuvent être cultivés en utilisant des matériaux locaux peu coûteux tels que le son de riz ou le lait. Nous les appliquons généralement lors de la mise en place initiale d'une litière, ou si des problèmes ou des odeurs apparaissent par la suite. Pour plus d'informations, consultez les ressources de ECHO sur les MOI [https://www.echocommunity.org/resources/tagged/Indigenous%20Microorganisms].

Les poules aèrent et mélangent la litière en grattant lorsqu'elles cherchent de la nourriture. Comme la litière repose directement sur le sol en terre, les poules ont également accès au sol, ce qui leur permet de prendre des bains de poussière et de se rafraîchir. La réduction des coûts de ciment est un avantage supplémentaire !

Si vous vivez dans un climat sec, vous devrez peut-être arroser la litière de temps en temps pour que le processus de décomposition se poursuive. Après trois à six mois, la litière se transforme en compost et peut être utilisée directement sur les cultures.

Aération

Les poulets et leur litière bénéficient d'un apport continu d'air frais. Les murs du poulailler doivent être faits de manière à maximiser l'aération.

Nous fabriquons généralement deux à quatre de nos murs de poulailler en grillage ou avec un autre matériau qui maximise la circulation de l'air tout en protégeant les poulets des prédateurs. Les 30 à 60 cm inférieurs sont constitués d'un court mur en ciment ou en briques qui protège des prédateurs tels que les chiens, les serpents ou les rats (figures 14-15).

Une ouverture au centre du toit permet à l'air chaud de s'échapper. Cela crée un courant de convection qui attire l'air frais des côtés, même en l'absence de vent.

Lumière du soleil

L'ouverture dans le toit permet également à la lumière du soleil de dessécher le sol de la litière tout au long de la journée. Orientez votre poulailler de façon à ce que, chaque jour au coucher du soleil, l'ensemble du sol du poulailler ait reçu la lumière du soleil à un moment ou à un autre. Aucune autre source de lumière ou de chaleur n'est nécessaire pour garder les poules au chaud ou pour stimuler la production d'œufs.

Si votre poulailler est petit, le soleil du matin ou du soir qui passe par les côtés du poulailler peut couvrir tout le poulailler. Si c'est le cas, vous pouvez ajouter une structure d'ombrage semblable à celle illustrée à la figure 14 pour fournir aux poules de l'ombre dans au moins une partie du poulailler.

Le matériau de la toiture, les poutres et les briques doivent être fabriqués avec des ressources disponibles localement. Le toit de la figure 14 est fait d'une bâche en plastique recouverte de chaume.

Cette conception peut être adaptée à vos besoins pour la production de poulets (figure 15). Nous recommandons une densité allant jusqu'à 5 oiseaux par mètre carré.

Donnez des légumes verts aux poulets

Le succès de tout système d'élevage de volailles repose en grande partie sur une alimentation saine pour les poulets. Lorsque les poulets mangent bien, ils ont l'énergie et la santé nécessaires pour combattre les maladies et produire des produits de qualité (viande, œufs et progéniture). Les légumes verts, en particulier, constituent un élément important et souvent négligé du régime naturel des poulets. Ils constituent un élément essentiel de ce système en fournissant des vitamines pour le système immunitaire ainsi que des fibres pour la santé intestinale. Au projet Beersheba, nous donnons 30 à 40 g de légumes verts par poulet et par jour. Les légumes verts peuvent être de l'herbe, des feuilles de patate douce, du moringa, du katuk, du chaya, des mauvaises herbes et bien d'autres encore (figure 16). Pour plus d'informations sur l'incorporation de légumes verts et d'autres options locales dans l'alimentation des poulets, voir "Cafeteria

Figure 14. Structure d'ombrage en bambou. C'est souvent une bonne idée sur un ou deux côtés dans ces petits poulaillers pour assurer la disponibilité de l'ombre le matin et en fin d'après-midi, et/ou pour la protection contre le vent. *Source:* Noah Elhardt

Figure 15. Ce système peut être mis à l'échelle pour des opérations rentables dans une variété d'environnements. Cet enclos de 4x4m peut contenir 80-100 oiseaux. *Source:* Noah Elhardt

Figure 16. Au Sénégal, nous utilisons des herbes fourragères, du leucaena, du moringa et des mauvaises herbes pour nourrir nos poules. Nous plantons la matière fourragère près du poulailler pour faciliter la gestion et l'alimentation. *Source:* Noah Elhardt

Feeding" of Chickens [l'alimentation des poulets à la « cafétariat »] de *EDN* 97 (Peckham, 2007).

Conclusion

Le système de litière profonde décrit ici met en évidence l'utilisation d'une conception simple et créative du poulailler pour exploiter les avantages des ressources naturelles - lumière du soleil, air et microbes - afin d'élever des poulets en bonne santé sur le long terme. Combinez les éléments de la conception structurelle avec une alimentation saine pour obtenir les meilleurs résultats.

Références

Hinsemu, F., Y. Hagos, Y. Tamiru, et A. Kebede. 2018. Review on Challenges and Opportunities of Poultry Breeds [Revue sur les défis et les opportunités des races de volaille]. *Dairy and Vet Sci J.* 7(2): 555706.

Peckham, G. 2007. L'alimentation des poulets « à la cafétéria ». *Notes de développement de ECHO* no. 97.

De la Banque de semences de ECHO
Maïs 'KDV-1'

par Rocheteau Dareus

Importance du maïs pour les petits exploitants

Le maïs (*Zea mays*, L.) est une céréale cultivée dans les régions tropicales et subtropicales du monde pour l'alimentation humaine et animale. En Afrique subsaharienne, on estime que la moitié de la population utilise le maïs comme aliment de base dans son régime quotidien (Infonet Biovision, 2022). Les grains de maïs ont une valeur nutritive élevée fournissant des glucides, des protéines, des vitamines et des minéraux. Le maïs est consommé de diverses manières, notamment par des méthodes qui utilisent des épis secs (farine de maïs, bouillies, pâtes et bière) et frais (maïs cuit, rôti et bouilli). Le maïs a un impact économique sur la stabilité financière des petits exploitants et est souvent cultivé, en partie, pour être vendu. Selon la région où il est cultivé, les grains, les feuilles, les tiges, les glands et les épis sont commercialisés sous forme de produits alimentaires ou non alimentaires.

Dans les pays du Sud, les systèmes d'agriculture de subsistance sont prédominants, mais le maïs est une culture fréquemment utilisée à la fois pour l'alimentation humaine et animale des ménages et comme culture de rente. Cependant, de nombreux petits systèmes de culture du maïs ne sont pas en mesure d'atteindre leur rendement maximal en raison d'un manque d'accès ou de disponibilité d'intrants de haute qualité tels que les engrais, les semences améliorées, l'irrigation et la main-d'œuvre. En outre, le manque d'accès à de bons systèmes de crédit ou à des structures coopératives limite la participation des agriculteurs aux marchés.

D'importants efforts de sélection ont été déployés au cours des dernières décennies pour aider à résoudre certains des problèmes rencontrés par les petits agriculteurs cultivant le maïs. Des variétés de maïs ont été développées et diffusées avec un meilleur rendement global, une meilleure qualité des semences et/ou une résistance/adaptation aux facteurs biotiques (par exemple, les parasites et les

maladies) et abiotiques (par exemple, la sécheresse et la chaleur). Dans cet article, nous présentons la variété de maïs "KDV-1".

KDV-1' (Figure 17)

La variété de maïs 'KDV-1' est une variété à pollinisation ouverte développée au Kenya comme un composite de Katumani[9] et est adaptée aux zones arides de basse altitude. Il s'agit d'un maïs à grain de courte saison (maturation précoce), dont les graines sont de couleur blanche ; il est résistant au virus de la striure du maïs (personnel de ECHO, ndlr). Son cycle de production est de 45 à 52 jours du semis à l'épiaison et de 75 à 90 jours du semis à la récolte (épis matures; Dryland Limited, 2022). La profondeur de semis et l'espacement recommandés sont respectivement de 2 à 10 cm et de 75-90 X 25-60 cm (Infonet Biovision, 2022). Un semis plus profond (5 à 10 cm) et un espacement plus large (90 X 30-60 cm) sont recommandés pour les zones sèches. Avec un taux de semis de 15 à 20 kg par hectare (ha), le KDV-1 devrait donner un rendement de 15 à 42 sacs de 90 kg/ha (2,2 à 3,8 tonnes métriques/ha) (Dryland Limited, ndlr).

[9] Un composite est le résultat d'un mélange de variétés cultivées ensemble avec une pollinisation non contrôlée. Katumani fait référence à un endroit au Kenya (KALRO, n.d.). Les composites de Katumani sont adaptés aux terres arides de basse altitude (400-800 mm de précipitations annuelles) (Infonet Biovision, 2022).

Figure 17. Maïs 'KDV-1' à maturité. *Source:* Holly Sobetski

En raison de sa précocité et de sa résistance à la sécheresse, le 'KDV-1' est une bonne option pour les agriculteurs qui recherchent une variété qui préserve leur sécurité alimentaire et résiste aux impacts négatifs du changement climatique. Le 'KDV-1' est également connu pour produire des semences de haute qualité que les agriculteurs peuvent conserver et utiliser lors des saisons de plantation suivantes; l'Organisation kenyane pour la recherche sur l'agriculture et l'élevage (consulté en 2022) recommande d'acheter de nouvelles semences après une troisième saison de conservation des semences.

Les agriculteurs doivent savoir que :

- 'KDV-1' est une variété de céréale aux graines blanches, à pollinisation ouverte et qui peut se croiser avec d'autres variétés de maïs. Ceci est pertinent dans les régions où la couleur du tégument joue un rôle clé dans les choix culinaires des gens. Lorsque le maïs à graines jaunes est cultivé et préféré, il faut éviter la pollinisation croisée en ne cultivant pas le 'KDV-1' en même temps que le maïs à graines jaunes.
- Le 'KDV-1' est une variété de maïs de grande culture souvent utilisée pour faire de la farine ou pour nourrir le bétail. Les grains n'ont pas le même goût sucré que ceux du maïs sucré.

Conclusion

KDV-1' est une variété de maïs de grande culture à pollinisation ouverte et à maturation précoce, adaptée aux zones sèches. Il a des rendements élevés avec des graines blanches. Compte tenu des effets néfastes sur la production agricole des conditions climatiques en constante évolution, la variété 'KDV-1' est prometteuse pour les petits agriculteurs qui cherchent des solutions pour accroître leur sécurité alimentaire, nourrir leur bétail et maintenir la stabilité financière de leur ménage. Les coopérants actifs qui sont membres de ECHOcommunity.org peuvent

demander un paquet de semences d'essai. Consultez le site Web pour savoir comment vous inscrire en tant que membre et comment commander des semences.

Références

Dryland Seed Limited. n.d. Maize – KDV1- Drought tolerant OPV's [Maïs - KDV1- VPO tolérante à la sécheresse]. *Crop Nutrition Laboratory Services Ltd.* Accessed 11 en mars 2022. http://shambaza.com/listing/kdv1--drought-tolerant-opvs.html

Personnel de ECHO n.d. Maize [Maïs]: KDV-1. *Descriptions des plantes de ECHO* Consulté 11 en mars 2022. http://edn.link/ngmq6c

Infonet Biovision. n.d. Maize. Consulté 11 en mars 2022. https://infonet-biovision.org/PlantHealth/Crops/Maize

Organisation Kenyane pour la recherché sur l'agriculture et l'élevage (KALRO) n.d. Maize Agronomy. Consulté en mars 2022. https://www.kalro.org/maize/maize-agronomy/

Livres, sites Web et autres ressources

par Stacy Swartz

Monographies de l'OMS sur certaines plantes médicinales (4 volumes)

ECHO reçoit souvent des demandes d'informations sur les plantes médicinales. Bien que ECHO ne se concentre pas sur la recherche ou l'expérimentation des caractéristiques médicinales des plantes tropicales, de nombreuses cultures tropicales promues par ECHO à d'autres fins ont également une valeur médicinale. Par le passé, ECHO a orienté les membres du réseau intéressés vers les travaux d'ANAMED, une organisation internationale à but non lucratif ayant plus de 30 ans d'expérience dans le domaine des plantes médicinales. Il a récemment été porté à notre attention que l'Organisation mondiale de la santé dispose également de ressources sur les plantes médicinales dans un ensemble de quatre volumes. Les volumes sont organisés par nom scientifique de la plante et comprennent une grande quantité d'informations. Bien que certaines informations ne correspondent pas à ce que la plupart des membres du réseau de ECHO recherchent, comme la composition chimique et la description détaillée de l'apparence de la plante, certaines sections sous chaque description de plante peuvent être très utiles. Pour chaque plante, les sujets d'intérêt potentiel suivants sont présentés en détail s'ils sont disponibles :

- Matière végétale d'intérêt médicinal
- Attributs médicinaux testés cliniquement
- Rapports anecdotiques d'attributs médicinaux
- Avertissements/effets indésirables/précautions
- Parcours ou explication de l'activité médicinale

Les volumes contiennent des informations sur les plantes suivantes, familières à ECHO, dont beaucoup sont proposées par notre banque mondiale de semences :

- Oignons (volume 1)

- Séné (volume 1)
- Calendula (volume 2)
- Fruit de la passion (volume 3)
- Neem (volume 3)
- Jujube (volume 3)
- Cucurbita (volume 4)
- Goyave (volume 4)

Les volumes 3 et 4 ont des index cumulatifs. Vous pouvez donc les utiliser pour voir ce que contient le volume que vous êtes en train de lire, ainsi que le contenu des volumes précédents. Il existe également un index cumulatif pour les parties de plantes (au lieu du nom de la plante) telles que les fruits (fructus) et les racines (radix). Malheureusement, les monographies ne comportent pas d'index par affection.

Vous trouverez ces monographies de l'OMS sur certaines plantes médicinales et d'autres informations sur les plantes médicinales sur le site http://edn.link/qettfp.

Série de vidéos de la Banque de céréales vivrières du Canada sur l'agriculture de conservation et le marketing

De nombreux agriculteurs ont des difficultés à s'en sortir avec les complexités de la commercialisation de leurs récoltes. Il se peut qu'un agriculteur individuel n'ait pas assez d'argent pour justifier l'envoi de sa récolte au marché. Au plus fort de la saison, lorsque le marché est inondé de produits, il peut être économiquement impossible pour un agriculteur d'apporter ses produits au marché.

La Banque de céréales vivrières du Canada a produit et diffusé des vidéos sur l'agriculture de conservation et la commercialisation qui expliquent comment travailler avec les agriculteurs pour faciliter les décisions de commercialisation au niveau communautaire. La série de vidéos est divisée en quatre étapes. Chaque étape est accompagnée d'une brève description et d'une vidéo démontrant brièvement comment réaliser l'exercice.

Étape 1 : Cartographie du marché et stratégies

Étape 2 : Calendrier saisonnier des prix

Étape 3 : Marge brute et analyse comparative

Étape 4 : Stratégies de collaboration et d'agrégation

Ces vidéos sont pratiques, succinctes et adaptées au contexte des petits exploitants. Les informations qu'elles fournissent peuvent et doivent être adaptées aux préférences et aux ressources locales. Les vidéos vous guident à travers des activités visant à faciliter la communication et la collaboration entre les agriculteurs au sein d'une communauté. Toutes les décisions doivent être prises par la communauté locale. Dans un délai de 2 à 3 heures, la mise en pratique des quatre étapes décrites peut aider un groupe à identifier les obstacles auxquels il est confronté dans la commercialisation de ses produits, à discuter des réalités de la

dynamique du marché local et à déterminer les possibilités de collaboration.

Évènements à venir

Evènements de ECHO

Introduction au développement de l'agriculture tropicale

Ferme mondiale ECHO, États-Unis
Du 12 au 16 septembre 2022

29e conférence internationale annuelle sur l'agriculture

Ferme mondiale ECHO, États-Unis
Du 15 au 17 novembre 2022