



**HAL**  
open science

# Caractérisation agronomique de nouvelles légumineuses à graines en vue d'une diversification de la production - CALEGE - Rapport final

Alicia Ayerdi Gotor

## ► To cite this version:

Alicia Ayerdi Gotor. Caractérisation agronomique de nouvelles légumineuses à graines en vue d'une diversification de la production - CALEGE - Rapport final. SFR Condorcet. 2022. hal-04288911

**HAL Id: hal-04288911**

**<https://hal.science/hal-04288911>**

Submitted on 16 Nov 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Appel à Projets de Recherche 2021 de la SFR Condorcet Rapport Final

*Il est demandé au porteur du projet, en cumulant les éléments des équipes participantes, d'établir un rapport sur le modèle ci-dessous et de le communiquer à la SFR Condorcet, deux mois après la date de la fin de financement.*

### I. Renseignements administratifs

#### A. Identification du projet

<b>Titre du projet - Acronyme :</b>	Caractérisation agronomique de nouvelles légumineuses à graines en vue d'une diversification de la production - CALEGE
<b>Positionnement du projet dans les axes de la SFR Condorcet</b>	Axe 1
<b>Porteur du projet (nom, prénom et structure de recherche)</b>	AYERDI GOTOR Alicia Institut Polytechnique UniLaSalle Unité AGHYLE

<b>Partenaires du projet (nom, prénom et structure de recherche)</b>	DUMONT Benjamin Gembloux Agro-Bio Tech
<b>Période du projet (date début – date fin)</b>	Mars 2021- Aout 2022
<b>Rédacteur de ce rapport : nom/prénom</b>	AYERDI GOTOR Alicia
<b>téléphone</b>	0344062549
<b>adresse électronique</b>	Alicia.ayerdi-gotor@unilasalle.fr

#### B. Le cas échéant, indiquer la liste des personnels recrutés dans le cadre du projet

Nom	Prénom	Qualifications	Date de recrutement	Durée du contrat (en mois)	Type de contrat (CDD, vacation)
<u>GADIAGA</u>	<u>Soukeye</u>	<u>M2</u>	<u>01/03/2021</u>	<u>6 mois</u>	<u>Stage</u>

#### C. Donner la liste des autres personnes impliquées dans le projet

Nom	Prénom	Qualifications	% de son temps consacré au projet pendant la période décrite par le rapport
<u>Ayerdi Gotor</u>	<u>Alicia</u>	<u>PhD</u>	<u>5%</u>
<u>Dumont</u>	<u>Benjamin</u>	<u>PhD</u>	<u>0.5%</u>
<u>Decelle</u>	<u>Olivier</u>	<u>Ing</u>	<u>1%</u>

**D. Donner brièvement une justification des dépenses réalisées au cours de la période décrite par le rapport**

Moyens dédiés au projet	Description	ETP *	Coût **	
			Autofinancé	Consommé
1. Personnel	AYERDI GOTOR Alicia	15j	9780	
	ROISIN Céline	1j	449	
	DUMONT Benjamin	4j	2608	
	Technicien parcelle	4j	1280	
	Stagiaire M2 – Soukeye Gadiaga	6m		3600
2. Plateforme	Location serre		3000	
	Location chambre de culture		6000	
	Location parcelle expérimentale		700	
3. Fonctionnement	Achat semences			400
	Matériel de laboratoire, serres, champ : terreau, sacs de prélèvements, thermomètres, inoculum			4000
	Missions : A/R visite essais à Gembloux, congrès Angers + congrès Allemagne			2000
<b>Totaux</b>			<b>23817</b>	<b>10000</b>

**E. Le cas échéant, indiquer les différents types d'aides complémentaires obtenues grâce à ce projet**

Ce projet n'a pas reçu d'autres aides complémentaires

**II. Résumé du projet (500 mots maximum)**

L'Europe est en manque de cultures protéagineuses à cause du faible coût des importations de soja, la réduction des exploitations en polyculture élevage, des rendements plus variables et en baisse des légumineuses traditionnellement cultivées et un moindre intérêt économique par rapport aux autres cultures. À l'opposé, l'intérêt pour les protéines végétales s'est accru au cours des deux dernières décennies en raison de changements dans les comportements alimentaires tels que l'essor des régimes végétaliens ou flexitariens. Par conséquent, il existe un intérêt croissant pour l'augmentation de la production de légumineuses en Europe pour des raisons agronomiques, environnementales et sociales. La présente recherche a voulu évaluer les conditions climatiques nécessaires à la culture de plusieurs légumineuses tropicales afin de déterminer la faisabilité de leur introduction dans les rotations culturales européennes. 6 espèces de légumineuses tropicales, dont le pois chiche comme témoin, ont été cultivées en serre au printemps/été 2021. La somme des températures nécessaires pour atteindre chaque stade physiologique principal a été estimée ainsi que les mesures des composantes du rendement. La température de croissance minimale pour permettre la germination a également été évaluée dans des chambres de croissance. Le niébé, l'adzuki et le haricot mungo ont été cultivés au champ au cours de l'été 2021 en Belgique afin d'établir la faisabilité de la culture et de récolte de ces cultures et d'initier le calibrage du modèle STICS à l'aide de ces données. Le test de germination a montré que la température minimale de germination était entre 10 et 12°C pour toutes les espèces étudiées. Cette dernière a été choisie comme température de base pour calculer la somme des températures nécessaire pour atteindre chaque stade de croissance. L'émergence la plus précoce a été atteinte par le haricot mungo qui nécessitait 90 °Cj, le dernier était le haricot Scarlett avec 115 °Cj. La floraison a été atteinte entre 427°Cj et 707°Cj respectivement pour le haricot riz et le haricot mungo. Le haricot riz (843°Cj) et le haricot Adzuki (946°Cj) ont été les premières espèces à atteindre la sénescence et le mungo et la scarlett (1306GDD) ont été les dernières. En conditions de terrain, après un semis tardif le 7 juin et un été froid et humide, seuls adzuki et le haricot mungo ont atteint la sénescence fin septembre 2021. Les simulations STICS ont montré des résultats encourageants pour prédire la croissance et le rendement de ces nouvelles cultures dans les climats tempérés. Les

premiers résultats ont montré que certaines des espèces étudiées pouvaient être cultivées dans des climats tempérés océaniques, car les régions avec ce climat dans 80% des années entre avril et la première décennie d'octobre couvrent les besoins des cultures en termes de somme de température. Ces résultats ouvrent la voie à une diversification du nombre de protéagineux cultivés dans ces régions, mais pour que cela devienne réalité, il faudra trouver les variétés ou races les plus appropriées afin d'atteindre un potentiel de rendement plus élevé dans ces conditions estivales océaniques tempérées.

### III. Renseignements scientifiques (2 à 4 pages)

Cette étude visait à identifier des nouvelles espèces de légumineuses, non cultivées en région tempérée avec un climat océanique caractérisée par un été pas trop chaud (Nord de France et Belgique), et de tester s'il était possible de les cultiver dans ces régions. De plus, il était nécessaire d'évaluer les potentielles contraintes à l'implantation ou à la récolte. L'intégration de nouvelles espèces dans un nouveau milieu (environnement) nécessite une évaluation de leur adaptation aux différents facteurs de stress biotiques et abiotiques. La culture de 5-6 espèces identifiées en conditions contrôlées va dans un premier temps permettre d'identifier leur adaptabilité aux conditions de croissance du NO européennes, en testant leur résistance au froid (établir une date de semis potentielle en plein champ), leurs besoins en somme de températures minimale pour permettre à la plante de produire de rendement (connaître une potentielle date de récolte, et vérifier la possibilité de récolter dans des bonnes conditions avec un rendement optimal).

Pour ce faire des différentes expérimentations ont été mises en place en chambre de culture (suivi de la germination à différentes températures), en serre pour évaluer les besoins thermiques et en plein champ (pendant l'été 2021 en Belgique) pour avoir une première expérience en plein champ.

L'évaluation de la température minimale de germination nécessaire afin d'identifier une date possible de semis a montré que (Tableau 1) la température minimale de germination si situerait entre 12 et 15°C

	% Graines germées après 3, 7 & 12 jours					
	5°C	8°C	10°C	12°C	15°C	20°C
<b>Haricot Adzuki</b>	0	0	0	0	5-61-100	13-72 -75
<b>Pois chiche</b>	0	-	-	-	17-30-70	70-81-92
<b>Niébé</b>	0	0	0-0-28	6-24-60	79-100-100	84-100-100
<b>Horse Gram</b>	0	0	0	0	-	-
<b>Haricot mungo</b>	0	0	27-59-68	35-59-82	81-93-100	95-96-96
<b>Pois d'Angola</b>	0	0	0	0	0-2-10	25-56 -70
<b>Haricot riz</b>	0	0	0	0	0-10-15	100
<b>Haricot scarlett</b>	0	0	0	0	3-20-36	0-5-8

Tableau 1 : Température minimale de germination par espèce, basée sur le pourcentage de graines germées à 3, 7 et 12 jours

pour une grande partie des légumineuses étudiées à l'exception du niébé et du haricot mungo qui auraient des températures de germination minimales proches à 10°C. L'haricot scarlett a présenté un taux de germination très faible y compris à 25°C, probablement plus lié à la qualité de la semence qu'à la température minimale de germination.

Dans cette étude une seule variété a été testée par espèce par manque de disponibilité de semences, des études postérieures nécessiteraient d'évaluer s'il existe de la variabilité dans ce critère parmi les différentes ressources génétiques. Ce critère n'est pas limitant dans les zones traditionnelles de culture, ce qui va rendre difficile la sélection des génotypes le plus adaptées en absence de caractérisation sur ce trait.

La deuxième étape de cette étude a consisté à l'évaluation des sommes de température nécessaires à finaliser le cycle de la plante et arriver à la sénescence (récolte). Ces sommes de température passent par le besoin d'identifier quelle est la température minimale de croissance des plantes à chaque stade,

nous avons considéré afin de simplification, que la température minimale de germination calculée précédemment correspondait à la température de base et identique pour tout le cycle de culture. Cette température de base a été fixée à 10°C. Dans la Figure 1 nous retrouvons la somme de température nécessaire pour atteindre chaque stade et la sénescence. Nous avons utilisé le pois chiche comme témoin de culture qui n'est cultivé de façon marginale dans ces régions cibles.

Nous observons que le haricot riz présente la somme de températures la plus petite suivi par le pois chiche et le haricot adzuki.

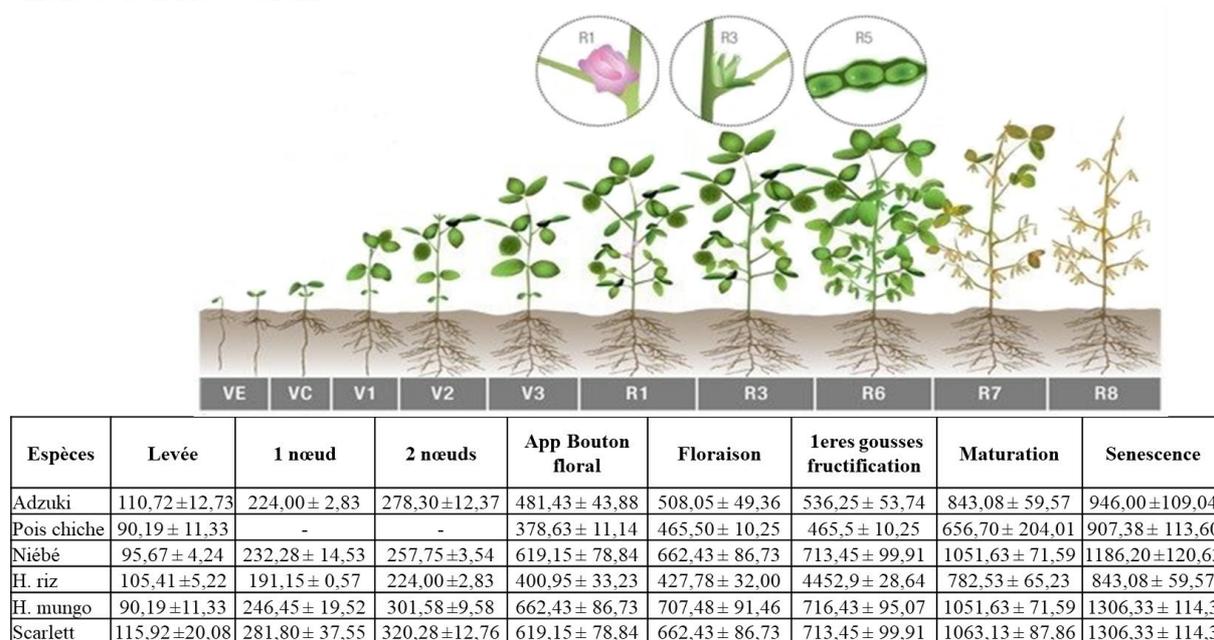


Figure 1 : Moyenne de la somme de températures (°CJ<sup>1</sup>) nécessaire pour atteindre les différents stades de développement de chaque espèce. Calculés sur des plantes cultivées sous différentes conditions thermiques. Avec une température de base de 10°C (photo : <http://blog.agriconomie.com/le-pois-et-le-soja/2014>).

Alors que le haricot mungo, le haricot scarlett présentent la somme de températures les plus grandes avec plus de 1300°Cj.

En étudiant le climat et les chances pour ces cultures à réussir leur culture (Figure 2) en imposant certaines conditions météorologiques pour l'implantation au printemps (plus de 3 jours consécutifs avec températures journalières supérieures à 12,8°C) et pour la fin du cycle de la culture (quand la température moyen journalière est inférieure à 12°C). On observe que la médiane de somme de températures ces années est proche de 1000°C en base 10, ce qui nous commence à nous limiter dans les choix des cultures possibles.

Un autre élément à tenir en compte dans ces cultures est l'aspect visuel de ces plantes et la capacité à être cultivées en grand culture, en étudiant les composantes de rendement (Table 1). Probablement la culture du haricot scarlett ne soit pas adaptée à la culture de plein champ, car il possède de gousses d'environ 30 cm de longueur, qui risquent d'être compliquées à être récoltées.

La culture de plein champ de 3 des espèces étudiées en Belgique a montré que malgré un semis très tardif au 7 Juin, au lieu du 10-20 Mai prévu et un été particulièrement froid au 17 Septembre (Figure 3) on avait atteint la maturité récolté pour le haricot Adzuki et il manquait environ une semaine pour l'atteindre au haricot mungo. Par contre, le niébé était beaucoup moins avancé car il commençait à peine la floraison.

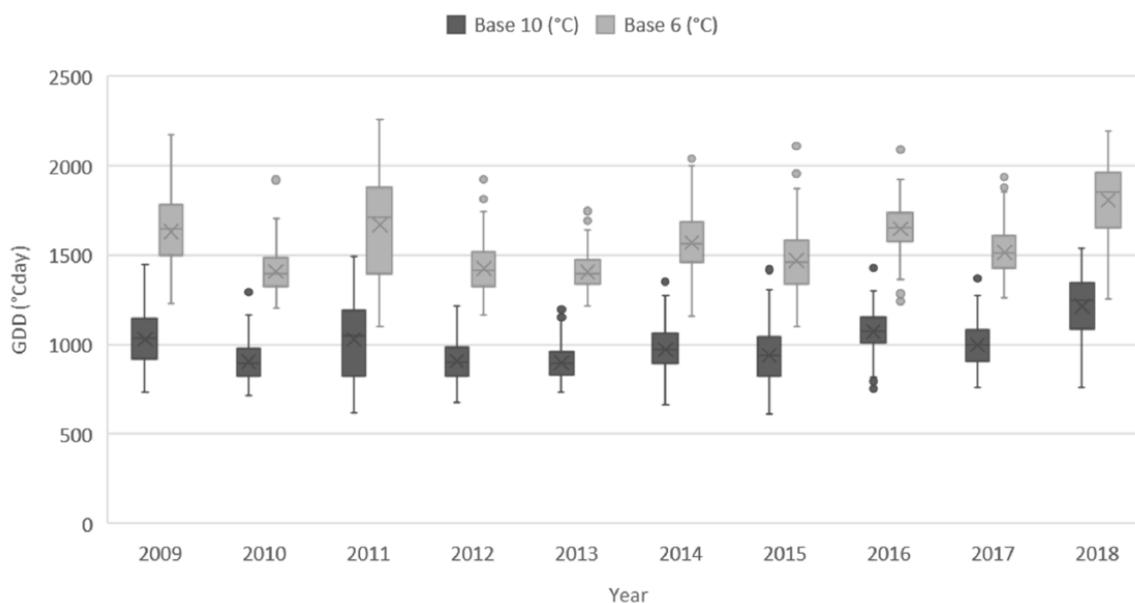


Figure 2 : Boîtes à moustaches de la somme de température, en base 10 et 6°C, en différentes localités avec climat océanique européen des 10 dernières années à partir des données Agri4cast tiré de Ayerdi et Marrachini 2022.

Tableau 2 Moyenne et écart-type des composantes de rendements des légumineuses étudiées. PMG : Poids de Mille Graines

Espèces	% Germination	Pods /plant	Pods /node	Longueur gousse (cm)	Grains normaux /gousse	Grains abortés /gousse	PMG (g)
Adzuki	63.89	8.60 ± 2.06	1.90 ± 0.91	8.97 ± 1.19	5.70 ± 1.59	0.70 ± 0.92	96.00
Pois chiche	33.33	27.00 ± 8.27	1.00 ± 0.00	2.14 ± 0.20	1.00 ± 0.00	0.00	219.18
Niébé	69.44	5.80 ± 1.33	1.71 ± 0.47	15.96 ± 1.68	5.65 ± 1.98	4.15 ± 1.81	191.44
H. riz	50.00	10.00 ± 2.61	1.95 ± 0.89	12.36 ± 1.96	4.00 ± 1.45	0.35 ± 0.59	349.24
H. Mungo	83.33	5.60 ± 2.24	2.00 ± 0.78	10.03 ± 0.76	6.20 ± 2.50	2.75 ± 1.21	52.97
H. Scarlett	11.11	3.00 ± 0.82	1.67 ± 0.82	29.33 ± 8.89	7.58 ± 7.03	1.92 ± 2.57	147.11

Niébé



H. mungo



H. Adzuki



Figure 3 : Etat des 3 cultures cultivées en plein champ en date de 17 Septembre 2021 en Belgique

En parallèle de ces expérimentations, il y a eu le recueil de données nécessaires au paramétrage du modèle STICS comme prévu, notamment des mesures des plantes (auteur, surface foliaire à chaque stade clé de la culture) ce qui a permis de renseigner succinctement le modèle, il aurait fallu une deuxième année de culture en plein champ pour pouvoir valider le modèle. Il est prévu que ça soit fait par la suite dans le cadre de travaux d'étudiants ou d'autres projets de recherche qui sont en cours de construction avec des industriels.

Également a été suivi le niveau de maladies, ravageurs présentes sur les plantes à la fois en serre et en plein champ (en plus de la capacité à concurrencer les mauvaises herbes) comme indicateurs de la faisabilité de culture.

Une dernière étude a été effectuée pour tester la compatibilité de ces espèces au *Bradyrhizobium japonicum* G49, une des seules souches de bactéries autorisées qui peut être incorporée avec la semence de légumineuses en absence d'inoculum naturel, comme déjà fait pour le soja. Les résultats montrent des effets très différents en fonction des espèces, le Niébé présentait une croissance moindre (Figure 4) en présence d'inoculum face au témoin non traité, alors que le haricot Adzuki nodulait correctement et présentait une plus grande biomasse aérienne et racinaire en présence de l'inoculum. En plein champ, il n'y avait pas de nodosités présentes sur les plantes ce qui a forcément limité le potentiel de rendement des plantes.

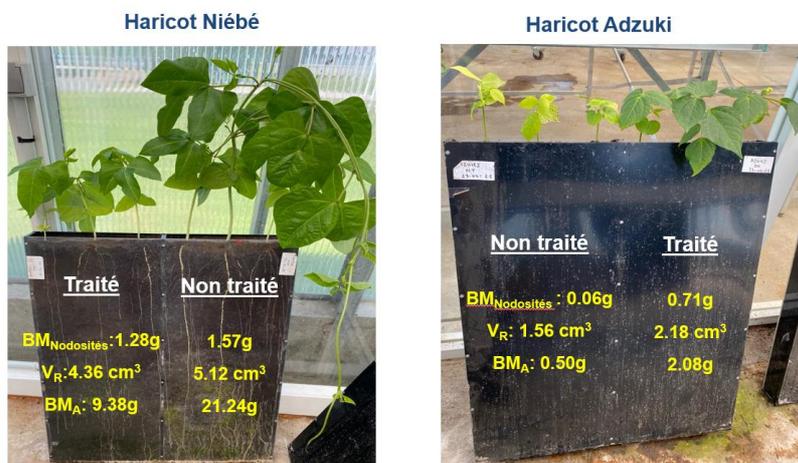


Figure 4 : Impact de l'inoculation avec *Bradyrhizobium japonicum* G49 sur la croissance aérienne ( $BM_A$ ), sur le volume racinaire ( $V_R$ ) et sur la biomasse de nodules produits ( $BM_{\text{Nod}}$ )

#### IV. Valorisation

##### **A. Articles et Communications**

- *Articles dans des revues à comité de lecture* : A. Ayerdi Gotor, Elisa Marraccini. (2022) Innovative Pulses for Western European Temperate Regions: A Review. *Agronomy* 12 (1):170; <https://www.mdpi.com/2073-4395/12/1/170>
- *Master 2 financé par le projet* : Gadiaga S. Soutenu en Septembre 2021 pour l'obtention du diplôme de Sciences et technologies de l'Agriculture, de l'Alimentation et de l'Environnement (ST2AE) Option : Sciences Agronomique et Environnementales de la Faculté du Marketing et d'Agrosciences de Colmar

##### **B. Liste des séminaires ou colloques en rapport avec le projet financé auxquels vous avez participé et/ou organisé durant la période (et des missions à l'étranger)**

- Poster + video Ayerdi Gotor A. Gadiaga S. Germination requirements to grow minor pulses in North Europe climates. *Legume Science and practice* 2, 1-3 Septembre 2021, Angers, France + Vidéo (<https://www.loom.com/share/a75b943337274d56ae24966d8d4cbfdf>). En Ligne
- Poster: Ayerdi Gotor A., Characterization of thermal needs of some tropical pulses. 17<sup>th</sup> congress of the European Society for Agronomy (ESA) 29 August to 2 September 2022 Potsdam (Allemagne).

#### V. Retombées

L'Université de Gembloux a apporté son expertise dans la mise en place et suivi en plein champ de ces nouvelles espèces pour lesquelles aucune donnée agronomique était disponible, tout comme aucun produit chimique était autorisé pour contrôler les mauvaises herbes ou les maladies potentielles. Également leurs conseils ont été de grande aide pour renseigner le modèle STICS.

Du côté d'UniLaSalle, nous avons été en mesure de fournir des premiers éléments de connaissance physiologique des cultures avant la mise en place en plein champ. Nous avons pu recueillir des données de connaissance sur la croissance aérienne et racinaire de ces espèces, et faire un premier tri des espèces qui pourraient être mise en culture.

La suite de ce projet est en cours, mais nous sommes en discussion avec des industriels qui financeraient des essais en plein champ et qui développerait également un volet industriel de transformation et usage des protéines végétales, la collaboration pourrait se reconduire pour avoir plusieurs lieux de test de ces cultures.

Date et signature du porteur de projet.



21/09/2022 Alicia AYERDI GOTOR