

PK21

Outil de connaissance 21



CCARDESA
Centre for Coordination of Agricultural Research and Development for Southern Africa

OUTIL DE DÉCISION : Options adaptées au climat d'application d'engrais

UNE AGRICULTURE ADAPTÉE AU CLIMAT

OUTILS DE CONNAISSANCE POUR LES AGENTS DE VULGARISATION

Outils d'information personnalisés pour les professionnels de l'agriculture

Public : Extension au niveau local Staff (gouvernement, ONG/société civile, secteur privé)



Maïs



Sorgho



Riz



Schéma décisionnel



Genre



Jeunesse



Adapté au
climat



Pratique



IITA, 2015



QU'EST-CE QUE L'AGRICULTURE ADAPTÉE AU CLIMAT (AAC) ?

L'AAC comprend trois piliers interdépendants, qui doivent être pris en compte pour atteindre les objectifs généraux de la sécurité alimentaire et du développement durable :

1. **Productivité** : Augmenter durablement la productivité et les revenus de l'agriculture, sans impact négatif sur l'environnement
2. **Adaptation/Résilience** : Réduire l'exposition des agriculteurs aux risques à court terme, tout en renforçant leur capacité à s'adapter et à prospérer face aux chocs et aux tensions à long terme (résilience). Une attention particulière est accordée à la protection des services écosystémiques, au maintien de la productivité et à notre capacité d'adaptation aux changements climatiques
3. **Atténuation** : **Chaque** fois que cela est possible, l'AAC doit contribuer à réduire et/ou à supprimer les émissions de gaz à effet de serre (GES). Cela implique que nous réduisons les émissions pour chaque unité de produit agricole (par exemple, en diminuant l'utilisation de combustibles fossiles, en améliorant la productivité agricole et en augmentant la couverture végétale).

AAC = Agriculture Durable + Résilience - Emissions

En quoi l'AAC est-elle différente ?

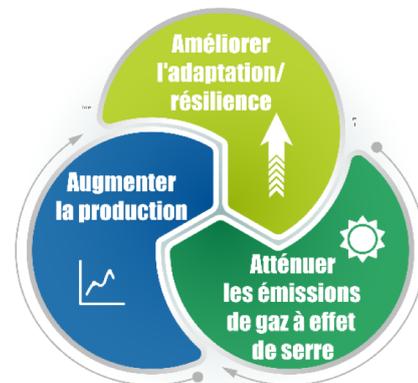
1. L'AAC met davantage l'accent sur l'évaluation des risques et de la vulnérabilité et privilégie les prévisions météorologiques (à court terme) et la modélisation des scénarios climatiques (à long terme) dans le processus décisionnel relatif aux nouvelles interventions agricoles
2. L'AAC encourage la mise à l'échelle d'approches qui permettent d'obtenir des résultats triples (augmentation de la production, renforcement de la résilience et [si possible] atténuation des émissions de GES), tout en réduisant la pauvreté et en améliorant les services des écosystèmes
3. L'AAC encourage une approche systématique afin de :
 - a. Identifier les meilleures opportunités d'investissement dans l'agriculture
 - b. Contextualiser les options les plus prometteuses pour les adapter au mieux à leur contexte spécifique grâce à des boucles d'apprentissage et de retour d'information
 - c. Veiller à la mise en place d'un environnement favorable afin que les agriculteurs (et les autres parties prenantes) puissent investir dans les pratiques et les technologies de l'AAC pour en favoriser l'adoption.

Messages clés :

1. Les **4R** ou quatre "droits" de la gestion des engrais sont les :
 - La **bonne source** de nutriments
 - **Taux correct de fertilisation**
 - **Moment opportun** de la fertilisation
 - **Lieu d'introduction** de la fertilisation
2. Pour prendre des décisions adaptées au climat en matière d'application d'engrais, vous devez comprendre :
 - Le système agricole
 - Accès aux données météorologiques/climatiques
 - Le contexte socio-économique
3. Les options d'application d'engrais adaptées au climat comprennent :
 - Application en banderolage
 - Microdosage
 - Fertilisation souterraine.

Points de départ de l'AAC

- Pratiques et technologies de l'AAC
- Approches systémiques de l'AAC
- Environnements favorables à l'AAC.



2 / OPTIONS ADAPTEES AU CLIMAT D'APPLICATION D'ENGRAIS

OPTIONS D'APPLICATION D'ENGRAIS ADAPTÉES AU CLIMAT

Cet **outil d'aide** à la **décision** vise à aider le personnel de vulgarisation sur le terrain à prendre des **décisions adaptées au climat**, afin de choisir l'option d'application d'engrais la mieux adaptée au contexte de leurs agriculteurs. Cet outil n'est pas conçu comme un guide technique de mise en œuvre. Il est conçu pour aider les agents de vulgarisation à prendre des décisions intelligentes sur le plan climatique pour améliorer leurs systèmes agricoles avec leurs clients/agriculteurs. Des références à des guides techniques pertinents pour les pratiques/technologies décrites sont incluses à la fin de l'outil. L'outil se concentre sur certaines des **options adaptées au climat les plus prometteuses d'application d'engrais** pour la production de maïs, de sorgho et de riz dans la région de la Communauté de développement de l'Afrique australe (CDAA). Ces options sont énumérées sans ordre particulier et ont été sélectionnées comme étant les plus prometteuses :

- Elles sont adaptées au climat (voir tableau 1)
- Elles sont applicables dans de multiples zones agroécologiques de la région
- Elles ont un fort potentiel pour faire face aux principales contraintes de la production animale dans la région (tableau 1).

Ce sont les options **les plus prometteuses**. Une compréhension du contexte local et des priorités des agriculteurs est nécessaire pour que ces options répondent **au mieux** aux besoins de chaque agriculteur.

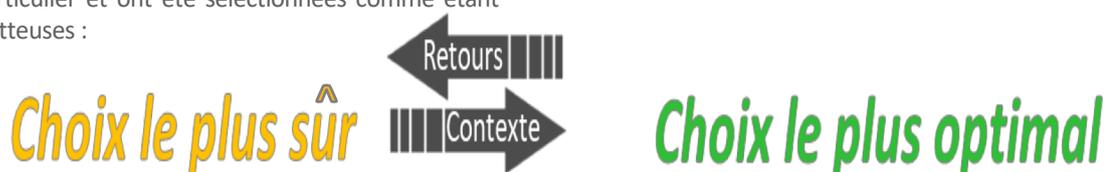


Tableau 1 : Les options adaptées au climat les plus prometteuses pour l'application d'engrais qui ont du potentiel pour faire face aux risques climatiques dans toute la région de la CDAA.

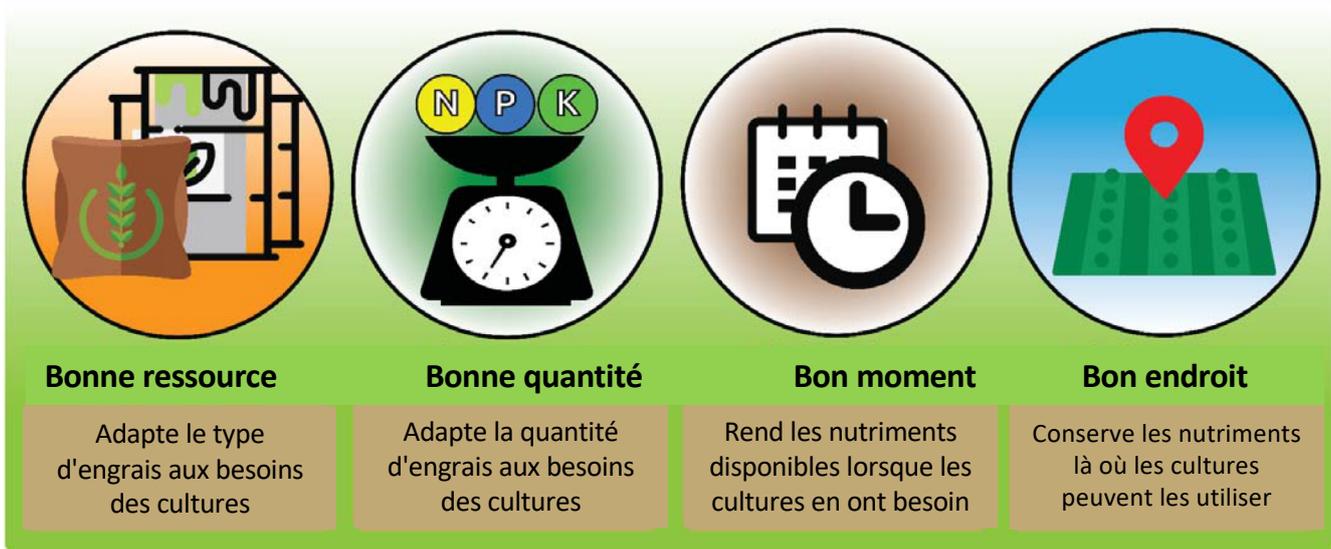
Option adaptée au climat d'application d'engrais	Qu'est-ce que c'est ?	Les 3 piliers de l'AAC		
		Augmenter la production	Résilience/ adaptation	Atténuer les émissions de GES si possible
Bandeau	Placer l'engrais en rangées (bande) à 5 - 8 cm sous la surface du sol, le recouvrir de terre et planter les graines au-dessus de l'engrais			
Microdosage	De petites quantités d'engrais sont placées dans chaque station de plantation (généralement mesurées en "bouchons de bouteille")	Maintient ou augmente les rendements en utilisant moins d'engrais	Une bonne gestion des éléments nutritifs augmente la vigueur des cultures, rendant les plantes moins sensibles aux maladies et aux parasites	Une plus grande efficacité de l'utilisation d'engrais entraîne une réduction de l'intensité des émissions. Il s'agit de la quantité d'émissions de gaz à effet de serre (GES) par kg de nourriture produite
Fertilisation souterraine	Pose de briquettes d'engrais (boules d'engrais comprimées) à une profondeur de 7 à 10 cm dans le sol ; presque toujours effectuée dans les champs inondés			



QUELLE OPTION ADAPTÉE AU CLIMAT D'APPLICATION D'ENGRAIS EST LA MIEUX ADAPTÉE À VOS AGRICULTEUR(S) ?

Les quatre meilleures pratiques de gestion, communément appelées les **4B** ou quatre "bonnes attitudes" de gestion des engrais (figure 1) consistent à appliquer la **bonne source** d'éléments nutritifs au **bon taux**, au **bon moment** et au **bon endroit** pour répondre à la demande des cultures. Ces 4B contribuent à augmenter la proportion d'engrais appliquée qui est utilisée par la culture, et donc à améliorer l'efficacité agronomique.

Figure 1 : Les 4B de la gestion des engrais.



Source : www.nutrientstewardship.org

Pour prendre des décisions sur chacun des 4B, nous devons avoir une compréhension détaillée du contexte local. Cela comprend :

- Le système agricole
 - Cultures pratiquées, type de sol, intégration du bétail, priorités des agriculteurs, etc.
- Qui effectue et quelles sont les activités dans l'exploitation agricole ?
 - » L'application d'engrais est-elle le rôle des femmes ou des hommes ?
 - » Qui achète l'engrais ?
 - » Les hommes et les femmes y ont-ils accès ?

- Accès aux marchés
- Accès à l'information (en particulier à des informations climatiques/météorologiques précises).

L'outil d'**analyse des systèmes agricoles** utilisé pour planifier les pratiques de gestion intégrée de la fertilité des sols (GIFS) est un outil très utile pour vous aider à rassembler ces informations. Veuillez vous référer au manuel ISFM du Consortium africain pour la santé des sols (ASHC) pour plus de détails.

CONSEIL

Pour s'adapter au mieux aux conditions climatiques, l'engrais doit être considéré comme un élément d'une stratégie de **gestion intégrée de la fertilité des sols** dans l'exploitation.



OPTIONS LES PLUS PROMETTEUSES D'APPLICATION D'ENGRAIS POUR FAIRE FACE AUX RISQUES CLIMATIQUES DANS LA PRODUCTION DE MAÏS/SORGHO/RIZ

Les 4B sont chacun décrits ci-dessous - en mettant l'accent sur le placement dans cet outil de décision - car l'accent est mis sur les options d'application d'engrais adaptées au climat. Bien que ces options soient les plus prometteuses, elles ne sont pas universellement applicables. L'AAC est spécifique au contexte et chacune de ces options devra être testée dans les conditions locales et adaptées pour qu'elle soit la **mieux adaptée** au contexte local.

Le **schéma décisionnel** ci-dessous illustre la façon dont la compréhension du contexte peut éclairer la prise de décision sur les options adaptées au climat d'application d'engrais.

SCHÉMA DÉCISIONNEL



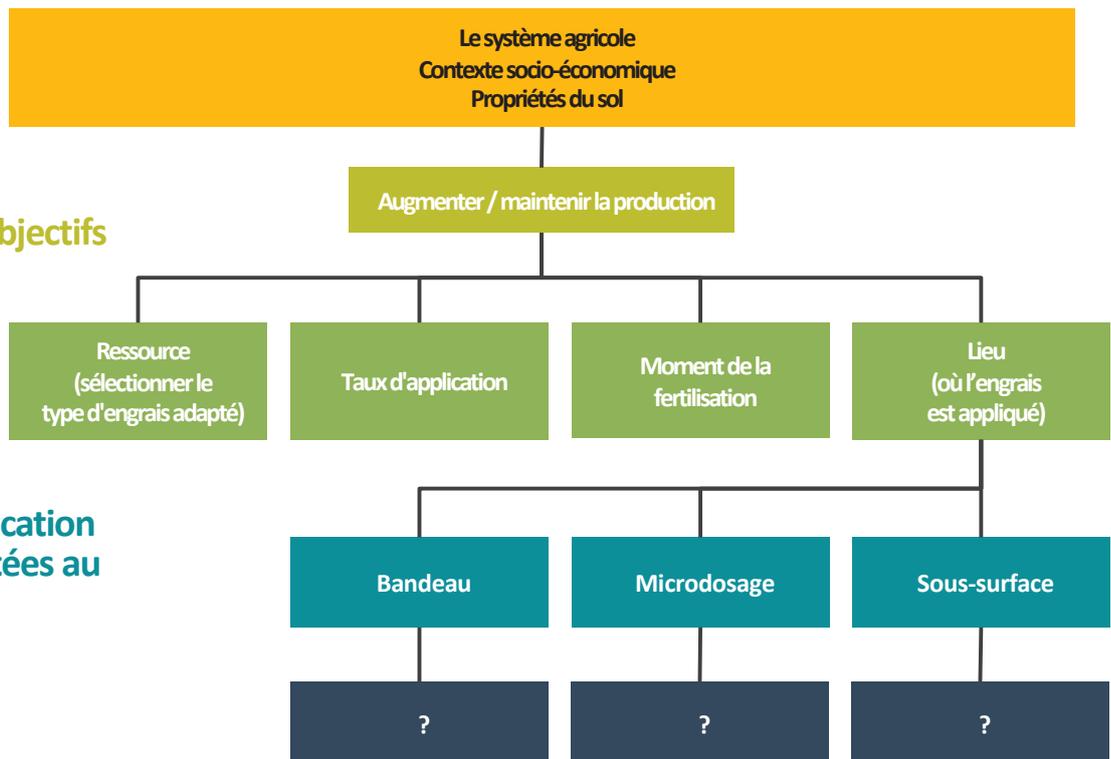
Comprendre
le contexte

Priorités des
agriculteurs / objectifs
de production

Considérer
les 4B

Options d'application
d'engrais adaptées au
climat

Faisabilité





BONNE RESSOURCE

Le bon produit fertilisant signifie que la ressource et le produit fertilisant doivent correspondre aux besoins de la culture et aux propriétés du sol.

- **Fournir des nutriments** sous des formes disponibles dans les plantes
 - L'élément nutritif appliqué est disponible pour les plantes, ou se présente sous une forme qui se transforme en temps voulu en une forme disponible pour les plantes dans le sol
- **S'adapter** aux propriétés physiques et chimiques du sol.
 - Il s'agit par exemple d'éviter l'application de nitrates sur les sols inondés, les applications d'urée en surface sur les sols à haute teneur en pH, etc.
 - Une **pluie suffisante** est-elle prévue - intensité et durée des précipitations ?
 - Plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour **identifier les éléments nutritifs qui sont déficients** dans le sol. Il s'agit notamment de l'analyse des sols, des essais d'omission de nutriments et des symptômes de carence en nutriments observés sur les cultures (Pour en savoir plus sur l'évaluation des conditions du sol, voir le document **KP06 - Options adaptées au climat d'amendement des sols**)

- Reconnaître les synergies entre les éléments et les sources de nutriments
 - On peut citer comme exemples les engrais complétant le fumier, l'interaction phosphore (P)-zinc, l'azote (N) augmentant la disponibilité du P, etc.
 - Des résidus de fumier/compost/plantes ont-ils été épandus dans le passé, quand et à quel taux ?
- Reconnaître la compatibilité des mélanges
 - Certaines combinaisons de sources attirent l'humidité lorsqu'elles sont mélangées, ce qui limite l'uniformité de l'application du matériau mélangé ; la taille des granules doit être similaire pour éviter la ségrégation du produit, etc.
- Quels sont les besoins en engrais/nutriments des cultures ?
 - Les cultures de légumineuses n'ont pas besoin d'engrais azoté.

CONSEIL

L'engrais n'est pas un substitut à la matière organique. La matière organique dans le sol rend l'engrais appliqué plus efficace. Les **deux sont nécessaires** pour obtenir un rendement maximal.

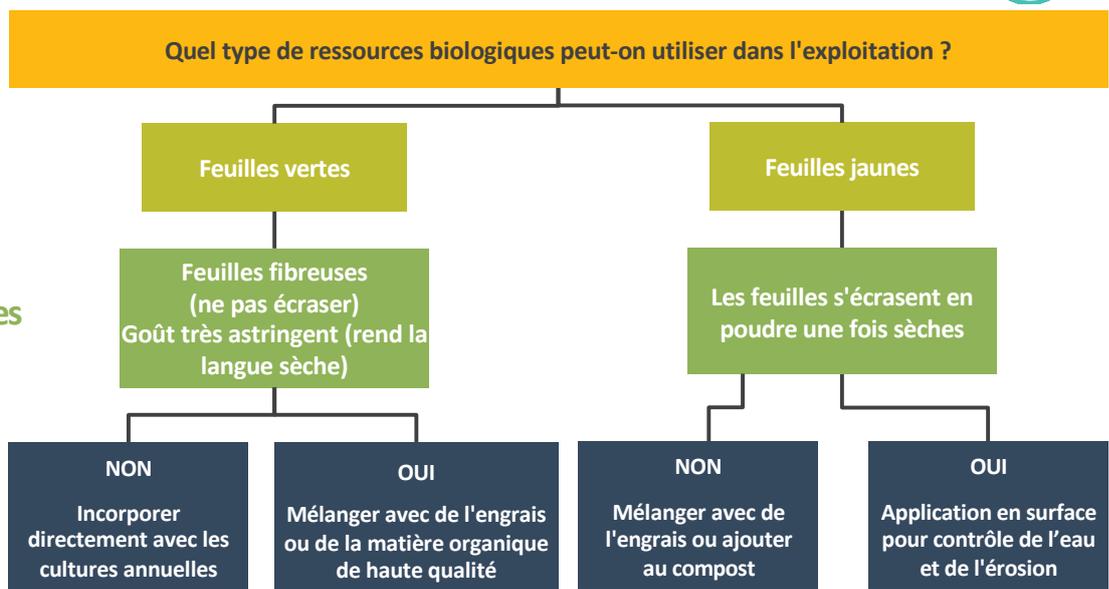
SCHÉMA DÉCISIONNEL

Type de ressource organique

Couleur des feuilles

Caractéristiques des feuilles

Options adaptées au climat



6 / OPTIONS ADAPTÉES AU CLIMAT D'APPLICATION D'ENGRAIS

LE BON TAUX

Le bon taux de fertilisation signifie qu'il faut adapter la quantité d'engrais appliquée aux besoins de la culture.

- Les taux d'engrais sont spécifiques au site et au système de culture et sont estimés après avoir considéré :
 - Les besoins en nutriments de la culture
 - La capacité du sol à fournir des nutriments (mesurée par l'analyse du sol et les parcelles d'omission)
 - La quantité de nutriments appliquée dans les résidus de culture et le fumier de ferme. Le tableau 2 décrit la teneur typique en éléments nutritifs des différentes sources de matière organique
 - La quantité de nutriments appliquée aux cultures précédentes
 - La quantité de nutriments retirés dans les cultures précédentes. Le tableau 3 illustre la quantité d'éléments nutritifs en kilogrammes retirés du sol par tonne de production. Par exemple, si une tonne de maïs hybride est produite, 15,6 kg d'azote seront retirés

- Le rendement visé
- Le rendement réalisable dans les conditions climatiques locales
 - » Il peut être conseillé de ne pas appliquer d'engrais lorsque/si une pluie suffisante n'est pas prévue
- Le coût des engrais et la valeur des produits végétaux

• L'application d'une trop grande quantité d'engrais entraîne un gaspillage des éléments nutritifs non absorbés par la culture et une possible contamination de l'environnement. En revanche, l'application d'une quantité insuffisante d'engrais entraîne une diminution du rendement et de la qualité des cultures, ainsi qu'une réduction des résidus de culture destinés à protéger et à consolider le sol ou à être utilisés comme fourrage.

• Dans de nombreuses régions de l'Afrique subsaharienne, les taux d'engrais publiés pour une localité ne s'appliquent plus et visent à maximiser le rendement plutôt que les bénéfices économiques de l'agriculteur. Il est très important d'évaluer les objectifs de l'agriculteur et son attitude face aux risques avant de recommander des taux d'application d'engrais.

Tableau 2 : Teneur en nutriments (%) des fumiers et résidus couramment disponibles en Afrique subsaharienne (C = carbone, N = azote, P = phosphore, K = potassium, Ca = calcium).

Matériel	Eau	C	N	P	K	Ca
Selles humaines	-	-	1.0	0.2	0.3	-
Selles de bovins	-	-	0.3	0.1	0.1	-
Selles de porc	-	-	0.5	0.2	0.4	-
Fumier de bovins frais	60	8–10	0.4–0.6	0.1–0.2	0.4–0.6	0.2–0.4
Composté fumier de bovins	35	30–35	1.5	1.2	2.1	2
Fumier de ferme	50	-	1.0	0.8	1.2	0.8
Fumier de chèvre	50	-	0.8	0.7	1.5	0.8
Fumier de mouton	50	-	1.0	0.7	1.5	1.7
Fumier de porc	80	5–10	0.7–1.0	0.2–0.3	0.5–0.7	1.2
Fumier de volaille	55	15	1.4–1.6	0.25–0.8	0.7–0.8	2.3
Compost de déchets	40	16	0.6	0.2	2.3	1.1
Boues d'épuration	50	17	1.6	0.8	10.2	1.6
Gâteau de filtration de canne à sucre	75–80	8	0.3	0.2	0.06	0.5
Gâteau aux fèves de ricin	10	45	4.5	0.7	1.1	1.8

Source : ASHC, Manuel de gestion intégrée de la fertilité des sols



Tableau 3 : Élimination des nutriments (grammes par tonne) dans certaines céréales, plantes racines, légumineuses alimentaires et cultures fourragères (N = azote, P = phosphore, K = potassium, Mg = magnésium, Ca = calcium, S = soufre).

Culture	Produit	Retraitl (g/t de produit de culture)					
		N	P	K	Mg	Ca	S
Céréales							
Mais hybride	Grain	15.6	2.9	3.8	0.4	0.9	1.3
Mais local	Grain	16.0	2.8	4.0	0.4	0.8	1.2
Riz amélioré	Grain	15.0	2.8	3.8	0.3	1.0	0.8
Riz local	Grain	15.0	2.5	2.5	0.5	1.0	0.5
Sorgho	Grain	16.5	3.5	3.8	1.9	0.4	1.2–1.6
Millet	Grain	26.6	3.5	4.4	1.4	0.1	1.2

Source : *ASHC, Manuel de gestion intégrée de la fertilité des sols.*

Réactions aux engrais

Les cultures ne réagissent pas toujours comme prévu à l'application d'engrais. Il peut y avoir plusieurs raisons à cela. Les réactions aux engrais sont le plus souvent classées dans les termes suivants :

- **Mauvais impacts** sur des sols fertiles avec de grandes réserves de nutriments (souvent les champs situés à proximité de la maison de l'agriculteur où des engrais, des fumiers animaux et des résidus de culture ont été régulièrement appliqués par le passé)
- **Impacts importants** des engrais sur les sols déficients en nutriments, mais sensibles (souvent les champs plus éloignés de la maison de l'agriculteur où les engrais, le fumier et les résidus de culture ne sont pas appliqués)
- **Impacts très mauvais** à l'application de fertilisants sur des sols dégradés où les fertilisants doivent être appliqués en combinaison avec des quantités substantielles d'intrants organiques (résidus de culture, fumier animal) pour obtenir des réponses satisfaisantes à l'application de fertilisants minéraux.

Les approches pour y remédier sont notamment les suivantes :

- L'application de petites quantités d'engrais et/ou de fumier sur des sols fertiles peut soutenir la fertilité des sols
- Les agriculteurs pauvres en ressources peuvent investir quelques liquidités plus efficacement en donnant la priorité à l'utilisation d'engrais dans leurs champs les plus sensibles, et en utilisant des quantités modérées qui permettent d'obtenir un rendement important par kilogramme d'engrais appliqué (c'est-à-dire un rendement agronomique élevé)
- L'application de ressources organiques peut être nécessaire pour réhabiliter les sols qui ne réagissent pas avant d'obtenir une réaction aux engrais minéraux
- Dans certains sols non réactifs, l'application de ressources organiques peut ne pas entraîner de réaction aux engrais minéraux, et d'autres techniques peuvent être nécessaires (par exemple, le labourage ou l'application de micronutriments).

Le **schéma décisionnel** suivant présente un arbre de décision pour illustrer comment une compréhension du contexte local et des réactions des cultures à l'application d'engrais dans le passé peut conduire à la sélection de taux d'option adaptés au climat, et de la source (organique et chimique) des éléments nutritifs à appliquer.

8 / OPTIONS ADAPTÉES AU CLIMAT D'APPLICATION D'ENGRAIS

SCHÉMA DÉCISIONNEL

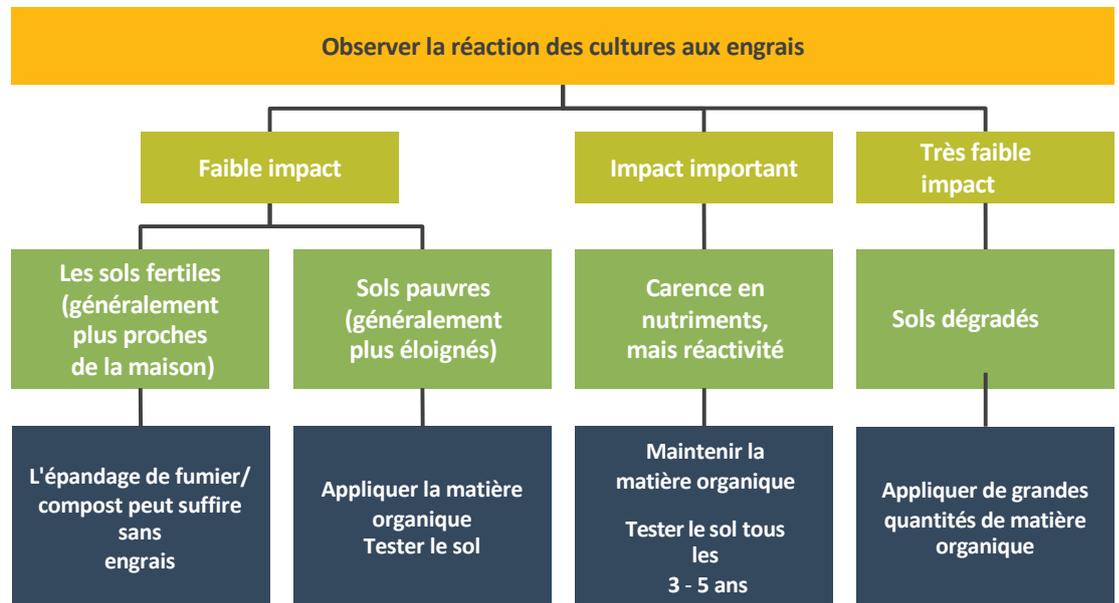


Contexte historique

Impact

Type de sol

Options adaptées au climat



Mesures pratiques pour améliorer les taux d'application des engrais

Les analyses de sol, les parcelles d'omission, les bilans nutritionnels des cultures, les analyses de tissus, les analyses de plantes, l'étalonnage des applicateurs, le dépistage des cultures, la tenue de registres et la planification de la gestion des éléments nutritifs sont autant d'outils qui aideront à déterminer le bon taux d'engrais à appliquer. Quelques mesures pratiques pour aider les agriculteurs à améliorer les taux d'application des engrais :

- Recueillir toutes les informations disponibles sur les essais de fertilisation (en particulier s'ils ont été réalisés dans les champs des agriculteurs) dans la localité où vous travaillez
 - Quels nutriments ont amélioré le rendement ?
 - L'utilisation d'engrais a-t-elle augmenté les bénéfices des exploitations agricoles ainsi que les rendements ?
 - Quelle quantité de chaque nutriment était nécessaire pour obtenir une augmentation économique du rendement ?
- Compléter ces informations (si elles sont disponibles) issues des essais en déterminant la quantité et le type d'engrais que les agriculteurs utilisent actuellement, et l'impact obtenu en termes d'augmentation de rendement
 - Établir un tableau énumérant chaque agriculteur, la quantité d'éléments nutritifs appliquée, l'historique du champ (c'est-à-dire si les engrais ont été appliqués de manière constante au cours des saisons de culture précédentes) et le rendement obtenu

- Vous devez passer le plus de temps possible à vous promener dans les champs, à examiner les cultures à la recherche de **symptômes de carence en nutriments** et de retard de croissance (souvent dû à une carence en phosphore (P))

- Identifier les agriculteurs qui obtiennent actuellement des rendements et des profits élevés
 - Découvrez la quantité d'engrais qu'ils utilisent et les rendements qu'ils obtiennent. dresser un inventaire de toutes les pratiques de fertilité des sols qu'ils utilisent et qui pourraient être applicables à d'autres agriculteurs

- Si possible, effectuer des prélèvements et des analyses de sol pour évaluer la fertilité du sol, en particulier la quantité de phosphore (P) disponible et de potassium (K) et de magnésium (Mg) échangeables

- Travailler avec les agriculteurs pour tester les recommandations en matière d'engrais, en commençant par de faibles doses d'application

- Enregistrez les résultats de votre travail dans un livre de terrain afin de constituer une base de connaissances d'informations fiables sur l'utilisation des engrais et les réactions des cultures dans votre localité

OPTIONS ADAPTEES AU CLIMAT D'APPLICATION D'ENGRAIS / 9



- Vous devez également enregistrer les données météorologiques (date, durée et intensité des précipitations notamment). Une pluie excessive peut entraîner le lessivage des éléments nutritifs du sol, et une humidité insuffisante du sol peut rendre les engrais moins disponibles pour les plantes
- Après quelques années, il peut être possible d'évaluer le risque de mauvaises récoltes afin que les agriculteurs puissent être informés des risques économiques liés à l'application d'engrais. Par exemple, si la sécheresse est très probable, l'application d'engrais peut être un gaspillage de ressources.

CONSEIL

L'engrais doit être appliqué peu après le désherbage. Si les mauvaises herbes germent ou poussent au moment de l'application de l'engrais, elles "voleront" une partie de l'engrais à la culture.

LE BON MOMENT

Le bon moment pour l'application des engrais signifie que les éléments nutritifs doivent être disponibles au moment où la culture en a besoin.

- Les nutriments sont utilisés plus efficacement lorsque leur disponibilité est synchronisée avec la demande des cultures
 - L'application d'engrais de base se fait au moment de la plantation ou juste après, pour fournir N, P, K et d'autres nutriments nécessaires au premier stade de croissance des cultures
- Les engrais azotés sont très mobiles et se perdent facilement dans le sol par lixiviation. Il convient donc d'appliquer une partie de l'engrais azoté sous forme de "fumure de finition" à des stades clés du développement des cultures, généralement lorsque celles-ci sont en pleine croissance.
 - Les engrais N épandus par le haut peuvent être appliqués en plusieurs fois pour améliorer l'efficacité d'utilisation des engrais
 - Les taux d'épandage peuvent être ajustés en fonction du développement de la culture et du prix prévu des produits agricoles
- Les traitements de pointe donnent de bons résultats agronomiques si la culture se développe bien dans des **conditions climatiques favorables** et si l'on prévoit des prix de vente de culture élevés.

Si vous n'êtes pas sûr du type de carence en éléments nutritifs que votre culture pourrait présenter, consultez ces applications :



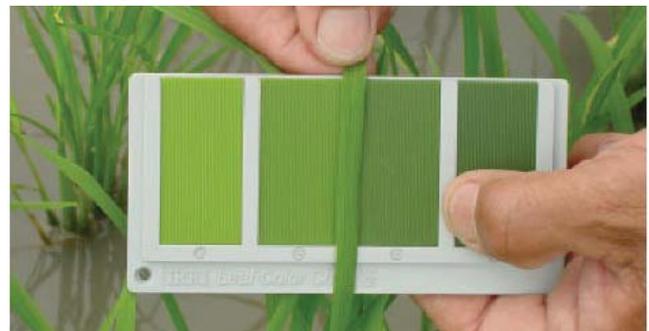
Calculateur d'élimination des nutriments des cultures Institut international de nutrition des plantes
Gratuit



Photothèque des carences en nutriments des cultures Institut international de nutrition des plantes
Gratuit

- Si la culture s'est mal développée en raison d'une mauvaise pluviométrie et que le prix des récoltes devrait être faible, les traitements de surface peuvent être annulés et l'engrais mis de côté pour la prochaine saison de plantation
- Le calendrier d'application (applications en présemis ou fractionnées), les technologies de libération contrôlée, les stabilisateurs, les inhibiteurs et le choix des produits sont des exemples de pratiques qui influencent le calendrier de disponibilité des nutriments
- Des diagrammes de couleur des feuilles (figure 2) ou des chlorophyllemètres sont disponibles sur le marché pour guider l'application de N, en fonction de la demande des cultures
- Les engrais N à libération lente et la mise en place en profondeur des engrais N améliorent l'adéquation entre la libération des éléments nutritifs et la demande des cultures (parfois appelée synchronisation).

Figure 2 : Un nuancier de feuilles pour le riz.



Source : IR.

LE BON EMPLACEMENT

Le bon emplacement de l'engrais signifie qu'il faut appliquer l'engrais là où la culture peut accéder aux éléments nutritifs contenus dans l'engrais. Le choix de la méthode d'application par l'agriculteur dépendra de la **main-d'œuvre nécessaire**. Les méthodes d'application doivent être choisies en fonction de la culture ou du système de culture, et des propriétés du sol. Il est généralement préférable d'incorporer l'engrais de base dans le sol au moment de la plantation ou avant celle-ci pour obtenir une utilisation efficace de l'engrais.

L'épandage à la volée est la pratique qui consiste à appliquer des engrais de manière uniforme sur la surface du sol. Cela se fait soit avant le semis, soit dans la culture sur pied. Cette méthode est facile à mettre en œuvre et nécessite peu de main-d'œuvre. Les épandages d'engrais N sont généralement effectués à la volée dans les rizières irriguées. Les options d'application d'engrais adaptées au climat sont détaillées ci-dessous.

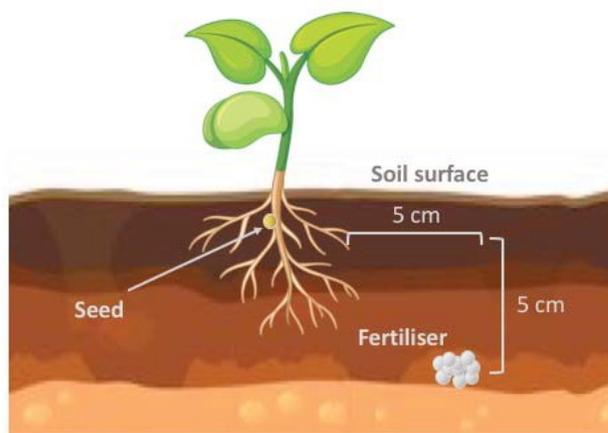
En bandes

La figure 3 illustre deux méthodes différentes pour l'application d'engrais en bandes. Les engrais sont placés en bande à une profondeur de 5 à 8 cm sous la surface du sol et sont recouverts par le sol. Les semences sont plantées au-dessus de l'engrais couvert. Le banderolage est la méthode de placement la plus courante pour les applications d'engrais de base.

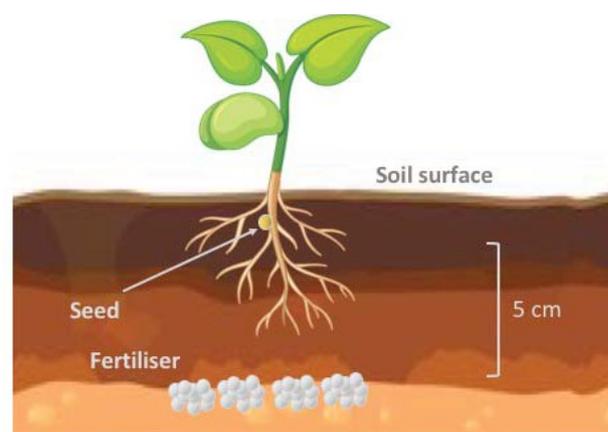
- Les semences ne doivent pas toucher l'engrais de base, car cela pourrait "brûler" les semences et les empêcher de germer
- La plantation en dessous (et sur le côté) de la graine favorise la croissance des racines
- Cette pratique utilise moins d'engrais, car elle est appliquée uniquement en rangée et non sur l'ensemble du champ
- Si cette opération est effectuée à la main, une houe "étroite" doit être utilisée pour minimiser la charge de travail et la perturbation du sol
- Si une traction animale est disponible (bœufs/buffle), une défonceuse peut être utilisée à la place d'une charrue pour minimiser la perturbation du sol (**voir CCARDESA KP08 - Options de préparation des terres en fonction du climat**).

Figure 3 : Deux méthodes différentes de banderolage d'engrais

Exemple: Sous et à côté de la semence



Exemple: Sous la graine



Source : après Yara

Microdosage

Les engrais sont appliqués en petites quantités : soit à la plantation dans chaque station de plantation avec la semence, soit à proximité de chaque station de plantation pendant la saison de croissance de la culture. La figure 4 illustre la quantité d'engrais généralement placée dans chaque station de plantation lors de l'utilisation de la technique de "microdosage".

- Le microdosage est préférable lorsque les plantes sont très espacées et lorsque les conditions pédologiques et climatiques augmentent le risque de perte de nutriments par lessivage



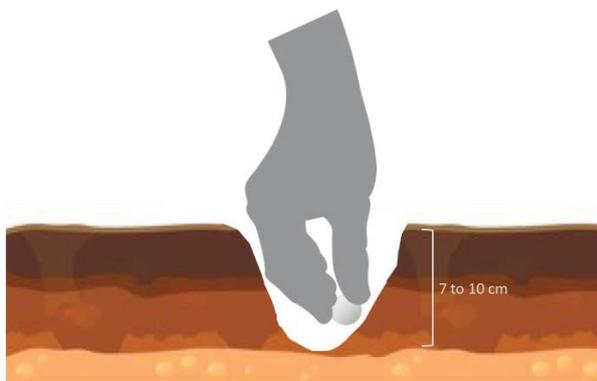
- Le microdosage est de plus en plus populaire auprès des agriculteurs car il est plus rentable que la diffusion en masse
- Le microdosage est particulièrement efficace lorsque des bassins de plantation ou des fosses "zai" sont utilisés, car les intrants organiques et les engrais peuvent être appliqués et incorporés dans chaque station de plantation en même temps.
- Cette méthode comprend les avantages du banderolage en plaçant l'engrais sous la semence, mais à un seul endroit au lieu de le placer en bande (rangée) - ce qui permet d'utiliser moins d'engrais.

Figure 4 : Un bouchon de bouteille contient environ 6 g d'engrais.



Source : ASHC, Manuel de gestion intégrée de la fertilité des sols

Figure 5 : Fertilisation souterraine ou, fertilisation en profondeur.



Source : d'après le Centre international de développement des engrais -IFDC

Fertilisation souterraine

Les engrais N à libération lente sont placés dans le sol dans les champs inondés (figure 5). Cette technologie a d'abord été développée au Bangladesh avant d'être introduite en Afrique. Elle se compose de deux éléments clés :

- La première est une **"briquette" d'engrais** produite par compactage d'engrais solides disponibles dans le commerce. Il existe des machines à briquettes adaptées aux conditions de fonctionnement dans la région de la CDAA
 - La machine produit des briquettes de 1 à 3 grammes qui sont beaucoup plus grosses que les granulés d'engrais classiques. Ces briquettes peuvent être produites par des entrepreneurs locaux à l'aide de petites machines à briqueter
- Le deuxième élément clé est le **placement des briquettes** sous la surface du sol. Lorsqu'elles sont utilisées pour fertiliser le riz irrigué, les briquettes sont centrées entre quatre plants à une profondeur de 7 à 10 cm dans les sept jours suivant le repiquage. La mise en place se fait soit à la main, soit à l'aide d'un applicateur mécanique.

La briquette libère de l'azote (N) progressivement, en fonction des besoins de la culture pendant la saison de croissance. Bien que cette technologie ait été principalement utilisée pour l'application d'urée dans le riz irrigué (en raison de la facilité d'application dans un paddy inondé), elle peut être utilisée avec d'autres types d'engrais et pour d'autres cultures.

Lorsque l'urée est diffusée dans les rizières inondées, une partie importante de l'azote est gaspillée - perdue par ruissellement, volatilisation (évaporation atmosphérique) et nitrification/dénitrification. Des quantités supplémentaires de N sont converties en nitrates, qui sont mobiles dans le sol et peuvent contaminer les eaux souterraines. Avec la fertilisation souterraine, l'urée est placée en profondeur dans le sol où la majorité reste sous forme d'ammonium - qui est beaucoup moins mobile que les nitrates. Par conséquent, la culture dispose de plus d'azote tout au long de son cycle de croissance. Les pertes dans l'atmosphère, les eaux souterraines et les cours d'eau sont considérablement réduites.

Seulement environ 4 % de l'azote est perdu dans l'environnement, contre environ 35 % lorsque l'azote est appliqué par le biais de la diffusion en masse. Cette pratique améliore aussi considérablement l'absorption de N par les cultures : deux tiers sont absorbés par les grains de riz et la paille (résidus post-récolte), contre un tiers lorsque la méthode d'application par diffusion en masse est utilisée.

Faisabilité

Le **schéma décisionnel** ci-dessous présente un arbre de décision qui peut être utilisé pour aider à décider si les options adaptées au climat d'application d'engrais identifiées et sélectionnées sont réellement réalisables dans le contexte de chaque agriculteur.

SCHÉMA DÉCISIONNEL

Évaluer les alternatives

Contexte économique

Les priorités des agriculteurs

Faisabilité



LA VIABILITÉ ÉCONOMIQUE (LE "CINQUIÈME B")

Parfois appelé le "**cinquième B**" (**options rémunératrices**). Comme les petits exploitants agricoles de la région de la CDAА ont souvent des ressources financières limitées et achètent de plus petites quantités d'engrais, il est important d'identifier la partie du système agricole où les apports d'engrais seront les plus rentables. Utilisé avec précaution, l'engrais peut devenir la clé qui permettra de libérer le potentiel de l'exploitation agricole. La fertilité du sol varie selon les différents champs de l'agriculteur (les champs les plus proches de la maison sont généralement plus fertiles). Il est donc important de savoir quels champs permettront d'obtenir le meilleur rendement de l'utilisation des engrais.

Un deuxième point consiste à prendre en compte le système de culture plutôt qu'une seule culture lors de la planification de l'utilisation des engrais. Par exemple, dans une rotation maïs légumineuses, les engrais (en particulier N) appliqués à la culture de maïs apporteront un avantage résiduel en termes d'apport d'éléments nutritifs à la culture de légumineuses qui suit, qui n'aura donc peut-être pas besoin d'être fertilisée. Les engrais doivent être fournis à la culture principale dans les systèmes de cultures intercalaires. Dans un champ de maïs et de haricots cultivés en intercalaire, par exemple, il convient d'appliquer un engrais azoté à la culture de maïs parce que les haricots sont capables de fournir une grande partie de leurs besoins en azote grâce à la fixation biologique de N₂.

Le "cinquième B" consiste donc à prendre en compte le **coût d'opportunité** de l'engrais et à s'assurer que les rares ressources en engrais sont fournies à la partie du système de culture qui offre

l'avantage économique maximal pour l'agriculteur. La **main-d'œuvre** est un facteur clé qui doit être évalué en termes de viabilité économique. Les agriculteurs tiennent rarement compte du coût de leur propre travail ou de celui de leur famille, mais ils prennent en considération les coûts salariaux de la main-d'œuvre. Il est essentiel de comprendre qui est responsable des principales tâches de gestion des cultures afin d'évaluer si l'option proposée comporte des coûts d'opportunité. Une main-d'œuvre supplémentaire peut être nécessaire pour les trois options proposées.

- Qui fera le travail "supplémentaire" ?
 - Hommes, femmes, enfants ?
- Que feraient-ils s'ils ne s'acquittaient pas de cette tâche ?
 - Les enfants devront-ils manquer l'école ?
 - Les femmes pourront-elles toujours aller au marché ?
 - Ces coûts sont appelés coûts d'opportunité et doivent être pris en compte.

Les **calendriers saisonniers** sont un excellent outil pour aider à définir quelles ressources sont nécessaires (et disponibles) et à quel moment. Le calendrier saisonnier doit inclure toutes les composantes du système agricole afin que des projections précises soient établies pour la main-d'œuvre et les ressources financières. Il est alors possible de **prévoir** les coûts potentiels liés à l'adoption de pratiques plus respectueuses du climat. Cela devrait être fait par :

- Élaboration d'une prévision de **trésorerie** pour l'année



- Inclure le coût de la **main-d'œuvre** dans les prévisions (en unités monétaires ou temporelles)

- Testez les **hypothèses** de la prévision :

- L'argent, la main-d'œuvre seront-ils disponibles quand on en aura besoin ?

Tout au long de l'année, l'agriculteur doit être aidé à recueillir des données précises sur les points suivants :

- Intrants
- Précipitations - durée et intensité (affecte l'efficacité de l'utilisation d'engrais)
- Températures - peuvent stresser les plantes si elles sont trop élevées ou trop basses
- Coûts
- Travail (qui et combien)
- Pratiques de gestion (par exemple, date de plantation, préparation des champs, application de compost, désherbage, apparition de parasites ou de maladies, etc.)
- Rendement
- Recettes générées.

Cela vous permettra de développer des marges brutes précises à la fin de la saison. Les agriculteurs peuvent les utiliser pour prendre des décisions sur la manière d'améliorer les pratiques agricoles afin qu'elles soient encore plus intelligentes, et qu'elles correspondent le mieux possible à leur contexte local.

Il n'est pas toujours facile de faire des prévisions et des analyses économiques précises, car de nombreux facteurs doivent être pris en compte.

Discuter des problèmes avec vos agriculteurs peut vous aider à identifier les principaux facteurs qui pourraient vous aider à décider de la viabilité économique à ce stade. La collecte de données précises sur les coûts encourus, la production atteinte et les externalités telles que les conditions climatiques tout au long de l'année et réfléchir à ce sujet vous aideront, vous et vos agriculteurs, à prendre des décisions plus éclairées au cours de la saison suivante.

Les priorités des agriculteurs

Si la production végétale est une source de revenu primaire de l'exploitation, l'application d'engrais est susceptible d'être une priorité plus importante car elle impacte directement le revenu et la situation économique du ménage. Bien que l'utilisation d'engrais soit recommandée dans le cadre d'une approche adaptée au climat de gestion intégrée de la fertilité des sols, vous devez toujours envisager des pratiques/technologies alternatives qui pourraient soit:

- Résulter en améliorations similaires en termes de rendement et de génération de revenus

14 / OPTIONS ADAPTEES AU CLIMAT D'APPLICATION D'ENGRAIS

- Compléter l'utilisation de l'option d'application d'engrais choisie pour augmenter encore les rendements et rendre la production plus efficace

L'application d'engrais peut augmenter la biomasse des plantes céréalières. Il est important de tenir compte des priorités des agriculteurs en matière d'utilisation des résidus végétaux. Le retour de plus grands volumes de résidus végétaux dans le sol ou leur utilisation pour nourrir le bétail et le retour du fumier dans le sol, aidera à recycler les éléments nutritifs dans le système agricole et rendra l'ensemble du système plus efficient.

Faisabilité

Enfin, vous devez travailler avec vos agriculteurs pour évaluer si les options préférées sont réalisables en termes d'accessibilité/disponibilité.

- Les intrants nécessaires (y compris la main-d'œuvre) sont-ils disponibles ?
 - Quels sont les moyens actuels de culture/préparation des terres ?
 - » Faudra-t-il beaucoup d'adaptation pour faciliter le bandage, le microdosage et la fertilisation de surface ?
 - » Qui fait ce travail, et sera-t-il capable/vouloir faire le travail supplémentaire (s'il y en a un) ?
 - Où peut-on se procurer des engrais ?
 - Les engrais sont-ils disponibles en petits conditionnements ou seulement en sacs de 50 kg ?
 - Quel type d'engrais est disponible ?
 - » Engrais composés ou simples ?
 - » Quelle est la qualité des engrais disponibles ?
 - Est-il possible et abordable d'obtenir un crédit ?
 - Existe-t-il un régime de subventions pour les engrais ?
- S'ils sont disponibles, les intrants requis sont-ils accessibles ?
 - L'agriculteur pourra-t-il avoir accès aux ressources nécessaires ?
 - Sont-elles proches ?
 - Pourra-t-il les transporter ?
 - Les hommes et les femmes ont-ils un accès égal aux intrants (y compris au crédit) ?

CONSEIL

Les engrais ne doivent être utilisés que lorsqu'ils offrent un bon retour sur investissement. Les cultures comme le maïs et le riz réagissent généralement bien aux engrais, mais pas forcément le sorgho. L'évaluation de l'**efficacité agronomique (EA)** (augmentation du rendement par kg d'engrais ajouté) est une étape clé pour comprendre où il faut donner la priorité aux ressources limitées

EN RÉSUMÉ

ÉTAPE 1 : Comprendre le contexte

- Quel est le système d'exploitation agricole ?
- Contexte socio-économique
- Accès aux marchés
- Accès à l'information (notamment sur le climat)

ÉTAPE 2 : Les "4B"

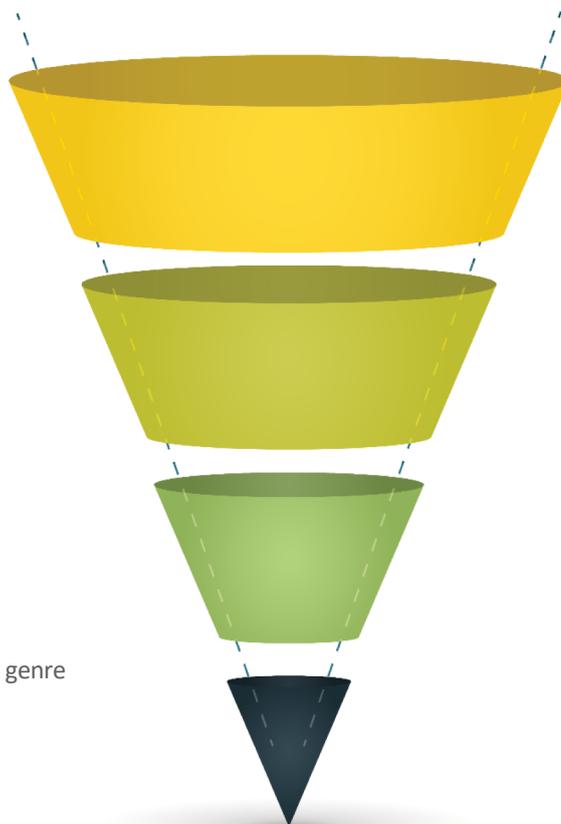
- Une bonne source
- Le bon taux
- Le bon moment
- Le bon endroit - sélectionnez une option

ÉTAPE 3 : Évaluer la faisabilité

- Le cinquième B - Rémunération : Évaluer la viabilité économique
- Accès et disponibilité des engrais/de la main d'oeuvre - questions de genre

ÉTAPE 4 : Tester et améliorer

- Évaluer les taux de réponse
- Recueillir des données et réfléchir aux améliorations possibles.





OÙ TROUVER PLUS D'INFORMATIONS ?

Les ressources suivantes, qui ont été utilisées comme référence pour le développement de cet outil de connaissance, fournissent des lectures supplémentaires précieuses sur ce sujet. Veuillez également consulter le site web du CCARDESA (www.ccardesa.org), la série complète des outils de connaissance et les fiches techniques associées

- **Le centre de connaissances du CCARDESA** - pour plus de détails sur les pratiques et technologies adaptées au climat incluses dans la gestion intégrée de la fertilité des sols, notamment les suivantes :
 - Outil de connaissance 07 - Options adaptées au climat de systèmes de plantation
 - Outil de connaissance 08 – Options adaptées au climat de préparation des terres
 - Outil de connaissance 09 - Sélection de variétés adaptées au climat
 - Outil de connaissance 10 - Gestion adaptée au climat de l'eau pour le maïs et le sorgho
 - Outil de connaissance 12 - Options agroforestières adaptées au climat
 - Outil de connaissance 16 - Options adaptées au climat de gestion du fumier
 - Outil de connaissance 19 - Identification des parasites et des maladies du maïs et du sorgho et sélection des options de lutte
- **ASHC - Manuel pour la gestion intégrée de la fertilité des sols**
 - Une excellente ressource à laquelle chaque agent de vulgarisation devrait avoir accès, qui explique clairement comment les engrais peuvent être utilisés efficacement au sein du système agricole
- **ASHC - Gestion des nutriments du sorgho et du millet**
 - Une ressource très pratique pour tous ceux qui cultivent le sorgho ou le millet
- **ASHC - Systèmes de culture du maïs et des légumineuses**
 - Un guide pratique sur la culture du maïs et des légumineuses. Excellente ressource pour le personnel de vulgarisation sur le terrain
- **ASHC - Systèmes de culture du sorgho et des légumineuses**
 - Un guide pratique sur la culture du maïs et des légumineuses. Excellente ressource pour le personnel de vulgarisation sur le terrain
- **FAO - Méthodes de compostage à la ferme ; Document de travail sur la terre et l'eau 2**
 - Un guide détaillé sur la façon de fabriquer plusieurs types de compost. Le chapitre 2 est particulièrement pertinent pour les petits exploitants
- **FAO - Les engrais verts et la rotation des cultures dans l'agriculture de conservation dans les petites exploitations : Gestion intégrée des cultures Vol 12, 2010**
 - Centré sur le Paraguay et de nature technique, mais couvre tous les principes qui sous-tendent les pratiques
- **Centre international de développement des engrais (IFDC) - Placement d'engrais en profondeur**
 - Le site internet contient de nombreuses ressources potentiellement utiles, notamment des études de marché nationales sur les engrais pour plusieurs pays de la CDAA
- **Institut international de nutrition des plantes (IINP) - Guide de poche 4B sur la gérance des nutriments**
 - Un guide pratique sur les 4B, mais qui s'adresse davantage à un public occidental/nordique
 - Le site internet de l'IINP propose une multitude de ressources dans des langues différentes, mais certaines (comme le manuel de nutrition des plantes 4B) ne sont pas gratuites et sont destinées au marché nord-américain
- **Institut du développement durable (IDD) - Comment fabriquer et utiliser le compost**
 - Un guide pratique détaillé sur la fabrication et l'utilisation du compost.