



Réalisation d'études « climat » complémentaires sur des projets de riziculture irriguée financés par l'AFD au Cambodge

Livrable 1. Note sur le bilan NEXT du projet WAT₄CAM



Février 2024



Sommaire

Acronymes	3
Préambule.....	3
1 Rappel du bilan GES du projet WAT4CAM – Etude de faisabilité.....	5
2 Bilan GES du projet WAT4CAM à mi-parcours.....	6
2.1 Activités du projet WAT4CAM à fin 2023 – Composante AGRI.....	6
2.2 Hypothèses de travail sur les pratiques agricoles.....	7
2.2.1 Gestion de l'eau par cycle de culture du riz.....	7
2.2.2 Gestion des résidus de culture du riz.....	8
2.2.3 Cultures de couvertures et cultures hors riz en saison sèche	8
2.2.4 Travail du sol et fertilisation.....	9
2.3 Synthèse du bilan à mi-parcours	10
3 Principales observations et recommandations	11
Annexe 1 – Données de base utilisées pour établir le bilan à mi-parcours.....	13
Annexe 2 – Evolution des prix du riz depuis 2020.....	16
Bibliographie.....	17

Acronymes

AFD	Agence française de développement
AFEID	Association Française pour l'Eau l'Irrigation et le Drainage
CCNUCC	Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques
CDN	Contribution déterminée au niveau national
CH ₄	Méthane
DNDC	<i>DeNitrification-DeComposition</i>
DSSAT	<i>Decision Support System for Agrotechnology Transfer</i>
EXACT	<i>Ex-Ante Carbon-balance Tool</i>
FAO	Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
GES	Gaz à effet de serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
IRRI	<i>International Rice Research Institute</i>
LULUCF	<i>Land Use, land Use Change and Forestry</i>
MAFF	<i>Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries</i>
MoWRAM	<i>Ministry of Water Resources and Meteorology</i>
NEXT	<i>Nationally Determined Contribution Expert Tool</i>
SOC	<i>Soil Organic Carbon</i>
t _{eq} CO ₂	Tonne-équivalente CO ₂
WAT4CAM	<i>Water Resources Management and Agro-Ecological Transition for Cambodia</i>

Préambule

L'outil NEXT (*Nationally Determined Contribution Expert Tool*) est une évolution de l'outil EXACT (*Ex-Ante Carbon-balance Tool*) dont la première version a été mise en ligne en 2010 et dont la version actuelle est la v9.4 (FAO, 2022b)¹. La première version de NEXT a été mise en ligne en 2022 (FAO, 2022a)² et pour ce bilan, nous avons utilisé la dernière version en date du 11 décembre 2023.

NEXT permet d'estimer les émissions/absorptions de GES des secteurs « agriculture » et « utilisation des terres, changement d'utilisation des terres et forêt » (*Land Use, land Use Change and Forestry – LULUCF*) [NB : segmentation sectorielle utilisée dans les lignes directrices du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) pour les inventaires de GES], selon l'approche « sources et puits » (développée par le GIEC dans ses lignes directrices et utilisée dans le cadre de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) et de l'Accord de Paris).

Depuis la version précédente (mai 2023), l'équipe NEXT de la FAO a notamment développé un onglet « énergie » permettant d'estimer les émissions de GES liées à l'utilisation d'énergie [NB : émissions qui pourront être classées dans d'autres secteurs des inventaires format GIEC : « énergie » (ex : utilisation d'électricité pour le pompage)].

¹ FAO, 2022b. *Ex-Ante Carbon-balance Tool | EX-ACT – Guidelines. Second Edition – Tool version 9*. 200p

² FAO, 2022a. *Technical guidance for the Nationally Determined Contribution Expert Tool (NEXT)*. 256p

La phase 1 du programme WAT4CAM est en cours d'exécution depuis 2020. Elle comprend quatre composantes, dont trois sont sous la responsabilité du *Ministry of Water Resources and Meteorology* (MoWRAM) [(i) réhabilitation de périmètres irrigués et de preks (petits cours d'eau), (ii) appui à la mise en place et à la mise en œuvre d'un cadre réglementaire et organisationnel pour la gestion et la maintenance des périmètres irrigués, (iii) amélioration des connaissances sur les ressources en eau, développement de services hydrologiques et météorologiques, et gouvernance des ressources en eau à l'échelle du bassin versant], et une sous la responsabilité du *Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries* (MAFF) (appui à la transition agroécologique).

L'exécution du programme sera étendue jusqu'à la fin de l'année 2025. A ce jour, les premiers périmètres sont quasiment finalisés, les associations d'usagers de l'eau ont été créées, les opérations de promotion des pratiques agroécologiques ont mises en œuvre sur le terrain. Lors de la phase d'instruction de cette phase 1, le programme a fait l'objet d'une évaluation ex-ante des émissions de GES utilisant l'outil EXACT.

Alors que le cadre logique du projet est en train d'être revu, que la durée d'exécution du projet est en train d'être étendue, et que l'instruction de la phase 2 va démarrer, il semble intéressant pour éclairer les décisions à venir de refaire les calculs d'émissions de GES du projet en prenant en compte les données de terrain afin de mieux documenter et orienter la conception des phases futures dans une perspective de contribution aux Accords de Paris (engagements/CDN du Gouvernement Royal du Cambodge) et à la Stratégie climat de l'AFD.

L'AFD a donc mandaté SalvaTerra pour **effectuer un bilan GES du projet WAT4CAM** à mi-parcours avec les données disponibles jusqu'à fin 2023, et de **faire des recommandations** concernant l'orientation des phases futures du projet.

1 Rappel du bilan GES du projet WAT4CAM – Etude de faisabilité

Ci-dessous le bilan GES du projet WAT4CAM, basé sur l'étude de faisabilité du projet (AFD, 2018)³ réalisé lors de la précédente étude « Approfondissements méthodologiques pour la finance climat et la contribution aux trajectoires long terme AFOLU bas carbone et résiliente » commanditée par l'Association Française pour l'Eau l'Irrigation et le Drainage (AFEID) et l'AFD (SalvaTerra, 2023)⁴. En violet les hypothèses élaborées pour affiner le bilan GES.

Profil GES avec projet	Profil GES de référence	Bilan GES
1. Amélioration des pratiques (périodes de présaison, gestion de l'eau et des amendements) en riziculture inondée, sur parcelles existantes		
Amélioration des pratiques sur 11 600 ha de riz irrigué : raccourcissement de la présaison et la période de culture ; inondations intermittentes ; gestion plus fine des apports organiques. Modélisation plus fine de la gestion de l'eau (assecs multiples) Modélisation du nombre de cycles et affinage de la gestion culturale pendant les cycles – modalités de gestion/rendement/nombre de jour de culture par cycle	Aucun changement pour les périodes de présaison et de culture, mais mêmes améliorations concernant la gestion de l'eau et des amendements. Affinage de la gestion des cycles culturaux - modalités de gestion/rendement/nombre de jour de culture par cycle	Evitement de CH₄ Delta : - 33 104 t_{eq}CO₂/an
2. Amélioration des pratiques (gestion des résidus et des sols) sur les autres cultures irriguées - maïs et maraichage		
Amélioration des pratiques sur 7 200 ha de maïs et maraichage : travail léger du sol et pas d'exportation des résidus. Affinage des pratiques de gestion – labour réduit, rétention des résidus sur la parcelle	Aucun changement des pratiques. Affinage des pratiques de gestion – labour, export des résidus	Accroissement du SOC Delta : - 5 580 t_{eq}CO₂/an
3. Développement de la riziculture inondée sur de nouvelles parcelles de terres, initialement dégradées		
Développement du riz irrigué sur 8 400 ha. Modélisation plus fine de la gestion de l'eau (assecs multiples). Affinage de la gestion des cycles culturaux - Hypothèse : 8 400 ha	Développement du riz irrigué sur 7 500 ha. Affinage de la gestion des cycles culturaux - Hypothèse : 7 500 ha de terres dégradées converties en rizières irriguées, dont	Augmentation des émissions de CH₄ Delta : + 32 632 t_{eq}CO₂/an

³ AFD, 2018. Programme de Gestion des ressources en eau et de Transition Agro-écologique dans les périmètres irrigués au Cambodge. Narratif Bilan carbone. 11p.

⁴ SalvaTerra, 2023. Livrable 2.2 – Définition des scénarios « projet » et « de référence » pour les bilans GES. 25p.

de terres dégradées sont convertis en rizières irriguées 5% (420 ha) à 2 cycles et 65% (5 460 ha) à 3 cycles. Affinage de la gestion culturale pendant les cycles – modalités de gestion/rendement/nombre de jour de culture par cycle	750 ha à 3 cycle, 375 ha à 2 cycles. Affinage de la gestion culturale pendant les cycles – modalités de gestion/rendement/nombre de jour de culture par cycle.	
4. Suppression des engrais chimiques en valorisant les résidus de récolte et le fumier		
Pas d'engrais chimique Apports de fumier bovin à hauteur de 7 tonnes/ha (en considérant 0,8% de N) ⁵	Engrais chimiques utilisés sur 19 100 ha de riz irrigué (11 600 ha existants + 7 500 ha nouveaux) Répartition des apports d'engrais par culture au prorata des surfaces	Emissions de CH ₄ / Évitement des émissions de N ₂ O Delta : + 2 814 t _{eq} CO ₂ /an

2 Bilan GES du projet WAT4CAM à mi-parcours

2.1 Activités du projet WAT4CAM à fin 2023 – Composante AGRI

Le tableau ci-dessous résume les surfaces concernées par les activités du projet et les principales cultures (données fin 2023). Le tableau détaillé des pratiques qui a servi de base à l'établissement du bilan GES est disponible en **Annexe 1**.

Province	Zone	Réseau d'irrigation	Surface du périmètre (ha)	Principales cultures pendant projet
Preah Vihear	OKS	Canaux en cours de réhabilitation, irrigation en saison sèche encore peu opérationnelle.	265	Entre 1 et 2 cycles de riz inondé En saison sèche : plantes de couverture (engrais vert), arachide, pastèque, sésame et haricot mungo, sur environ 103 ha, le reste de la surface en jachère. Zones conduites en agriculture biologique
	Muen Reach IS		227	
	Tuek Kraharm IS		603	
K. Thom	O Ott IS	Canaux en cours de réhabilitation, irrigation en saison sèche encore peu opérationnelle.	684	Entre 1 et 2 cycles de riz inondé En saison sèche : plantes de couverture (engrais vert), arachide, pastèque, sésame et haricot mungo, sur environ 176 ha, le reste de la surface en jachère.
Siem-Reap	Kok Thlok Lue	Canaux en cours de réhabilitation, irrigation en saison sèche encore peu opérationnelle.	1 445	
	Mkak-Krapeur		1 639	
Battambang	Kanghot	Canal principal opérationnel	5 071	Entre 1 et 3 cycles de riz inondé. En saison sèche : plantes de couverture à court et à long

⁵ Sur la base des recommandations de l'*International Rice Research Institute* (IRRI) (<http://www.knowledgebank.irri.org>).

				terme (Ochroloca, Sunn Hemp, Juncea...), haricot mungo, melon, autres légumes ou fruits) sur 345 ha , le reste de la surface en jachère.
Kandals	Prek Batch 1	Canaux en cours de réhabilitation, irrigation en saison sèche encore peu opérationnelle.	708	Entre 1 et 2 cycles de riz inondés sur 453 ha. Cultures pérennes (mangue, banane, etc.) sur 255 ha , le reste de la surface en jachère.
Surface totale			10 642	

La situation actuelle (fin 2023) du projet WAT4CAM est différente de la situation prévue lors de la faisabilité du projet (2018), notamment du fait que toutes les activités n'ont pas encore été menées. Le projet a démarré les activités visant l'amélioration des pratiques (gestion de l'eau et des amendements en présaison et pendant le cycle de culture) en riziculture inondée sur parcelles existantes et l'amélioration des pratiques (gestion des résidus et des sols) sur les autres cultures irriguées. La substitution des engrais chimiques par des engrais organiques est également un objectif du projet et en cours d'adoption sur une partie des surfaces.

Cependant, les canaux n'étant pas encore opérationnels, le développement de la riziculture inondée sur de nouvelles parcelles de terres, initialement dégradées, prévue sur 8 400 ha n'a pas encore démarré. Cela n'est donc pas intégré au bilan à mi-parcours.

Pour rappel, les émissions de CH₄ en riziculture irriguée dépendent principalement de 1) la gestion de la lame d'eau en présaison et durant le cycle de culture, 2) la gestion des résidus de culture, 3) la fertilisation et le travail du sol. Dans une moindre mesure, les variétés cultivées influent également sur le bilan carbone (durée du cycle). Ci-dessous sont détaillées les hypothèses de travail élaborées.

2.2 Hypothèses de travail sur les pratiques agricoles

2.2.1 Gestion de l'eau par cycle de culture du riz

Fin 2023, la plupart des travaux de réhabilitation des canaux sont toujours en cours et il n'y a donc pas encore de changement majeur dans les pratiques de gestion de l'eau des cycles rizicoles, à part dans la province de Battambang (Kanghot) où le canal principal est opérationnel. A ce stade du projet, la gestion de l'eau n'a donc pas été modifiée sur la plupart des parcelles, qui sont gérées en inondation continue. Cependant, on peut supposer qu'une fois que les canaux auront été réhabilités et seront opérationnels, la gestion de l'eau permettra de maîtriser le drainage des parcelles et donc de mettre en place l'irrigation intermittente avec un ou plusieurs assecs.

L'augmentation des prix du riz en 2022-2023 (cf. **Annexe 2**) a incité les producteurs à intensifier la culture du riz lorsqu'ils le pouvaient. L'accès à l'eau dans la zone de Kanghot a permis aux producteurs de cultiver un cycle de riz supplémentaire. Cette zone connaît donc un niveau élevé d'intensification avec la mise en œuvre d'un troisième cycle de riz en saison sèche sur une partie de la surface. Les rendements cumulés moyens sont de l'ordre de 8,4 t/ha/an sur ces parcelles. Le projet préconise plutôt la diversification des cultures en saison sèche et/ou la mise en place de cultures de couverture, dans l'objectif d'améliorer la fertilité des sols et d'apporter des revenus diversifiés aux producteurs.

Il est particulièrement important de souligner l'**impact de l'introduction de ce troisième cycle de riz inondé** sur le bilan GES. En effet, si l'on considère la zone concernée par la mise en culture de ce troisième cycle (i.e. 1 960 ha), on observe un delta de **+ 4 252 t_{eq}CO₂/an** émises par rapport à une situation avec seulement deux cycles de riz inondé. Ici, on a fait l'hypothèse d'une irrigation intermittente avec un drainage pendant la saison. L'impact est encore plus important s'il n'y a pas de drainage, avec un delta de **+ 6 963 t_{eq}CO₂/an**. Il n'est malheureusement pas possible à l'heure actuelle d'estimer dans NEXT l'impact de cultures diversifiées en saison sèche (à la place du troisième cycle) comme préconisé par le projet (voir section 2.2.3). Cependant, s'agissant de cultures non inondées, on peut supposer que les émissions seraient bien moindres (pas d'émission de CH₄, mais des émissions de CO₂ et N₂O).

D'après les études de référence, il semble que des ruptures dans les cycles de pluies occasionnent fréquemment un assèchement des parcelles sur une partie de la zone projet. La durée de ce drainage varie d'une année et d'une saison à l'autre, les producteurs n'ayant pas encore une bonne maîtrise de

l'eau (notamment du drainage). Pour cet exercice, on considèrera donc une inondation continue des rizières durant le cycle, sauf pour la zone de Kanghot où la maîtrise de l'eau est meilleure et où un assec est réalisé. Cela pourra être affiné pour le bilan en fin de projet, lorsque les canaux seront pleinement opérationnels dans l'ensemble des zones. Entre 2020 et 2023, on considère donc qu'il n'y a donc pas d'évolution de la gestion de l'eau sur les parcelles.

2.2.2 Gestion des résidus de culture du riz

La meilleure gestion des résidus de culture fait partie des changements de pratiques proposés par le projet. L'analyse des changements de pratiques entre la situation initiale et la situation fin 2023 montre que la paille et le chaume de riz sont conservés sur une plus grande surface à l'issue du premier cycle de riz (21% en situation initiale contre 30% avec projet) au lieu d'être exportées. Les surfaces où l'on pratique le brûlis des résidus sont plus ou moins équivalentes à la situation avant-projet (environ 15% de la surface), et l'export des pailles continue d'être la pratique majoritaire, concernant plus de la moitié des surfaces avant et après projet (64% en situation initiale contre 55% avec projet).

Pour le second cycle, la gestion des résidus diffère. Avant-projet, la majorité des pailles de riz étaient exportées à l'issue du second cycle (85% des surfaces). Actuellement, environ 50% des pailles sont exportées, et les pailles sont conservées sur l'autre moitié des parcelles. Ce sont ces principaux changements qui sont transcrits dans le bilan.

La conservation des résidus au champ a un impact négatif sur le bilan. A titre d'exemple, sur les parcelles où seulement un cycle de culture est pratiqué, la rétention des résidus engendre **+ 1 567 teqCO_2/an** .

2.2.3 Cultures de couvertures et cultures hors riz en saison sèche

La mise en place de cultures de couvertures combinées à un faible travail du sol peut contribuer à augmenter le carbone du sol (PORWOLLIK et al., 2021)⁶. HWANG et al (2017)⁷ ont montré que les cultures de couverture ont augmenté le stock de carbone du sol dans les rizières et que la biomasse produite par ces cultures augmente fortement les émissions de CH_4 des parcelles de riz. Ils concluent que les cultures de couvertures participent d'avantage aux émissions de GES qu'elles ne permettent de stocker de carbone dans le sol.

Une partie importante du projet est dédiée à l'introduction de cultures de couvertures à cycle court ou long à la suite des cycles de riz inondé (couverture longue si un seul cycle de riz, couverture plus courte si deux cycles ou trois cycles de riz) et à la promotion d'autres cultures (hors riz) en saison sèche. Une amélioration des pratiques est également prônée, avec application de fertilisants organiques plutôt que chimique (ou usage complémentaire) ainsi qu'un travail du sol réduit.

Les Lignes directrices du GIEC ne fournissent pas de méthodologie sur laquelle nous puissions nous appuyer pour analyser ce cas avec NEXT. Lorsqu'il y a plusieurs systèmes en rotation sur un même terrain, il est notamment recommandé de ne comptabiliser que la plus émettrice (riz inondé dans ce cas). [Comm. Pers. Cassandre Tribalet, FAO - Office of Climate Change, Biodiversity and Environment, 07/02/2024].

Pour les cultures classiques, les cultures de couvertures sont listées parmi les options qui peuvent entrer dans la catégorie « *High input without manure* », qui « *représente un niveau de résidus de cultures beaucoup plus élevé en raison de la nature des cultures, de l'emploi d'engrais vert, de cultures de couverture, de jachère avec végétation améliorée, d'utilisation fréquente d'herbacées vivaces dans les rotations annuelles des cultures, mais sans application de fumier* » (IPCC, 2006)⁸.

⁶ PORWOLLIK V., ROLINSKI S., HEINKEL J., VON BLOH W., SCHAPHOFF S., MULLER C., 2021. The role of cover crops for cropland soil carbon, nitrogen leaching, and agricultural yields - A global simulation study with LPJmL. Biogeosciences. <https://doi.org/10.5194/bg-2021-215>

⁷ HWANG H., KIM GW., KIM SY., HAQUE MM., KHAN MI., KIM PJ., 2017. Effect of cover cropping on the net global warming potential of rice paddy soil. Geoderma, Volume 292, 2017, Pages 49-58, ISSN 0016-7061. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.01.001>.

⁸ IPCC, 2006. IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, IGES, Japan.

Pour le riz inondé, cette option n'est pas disponible. On trouve dans la littérature des estimations des résidus (matière sèche) selon les différentes plantes de couvertures (USDA NRCS, 2003)⁹, ainsi que des estimations de l'azote fixé, sur la base desquelles il serait possible d'extrapoler. Cependant, cela engendrerait d'importantes incertitudes, d'autant plus dans le contexte particulier de riziculture inondée (action de bactéries méthanogènes, différentes pratiques de gestion des résidus selon période d'incorporation/inondation des parcelles, etc.).

L'approche est donc plus complexe dans notre cas puisque les cultures de couverture ou autres cultures s'appliquent entre des cycles de riz inondé. Il importe donc d'estimer les émissions éventuelles dues à la décomposition des résidus s'ils sont laissés au sol, et potentiellement les effets des plantes de couverture et cultures en rotation sur la séquestration de carbone dans le cas du riz inondé.

Ce sont ces problématiques que traitent le projet pilote DEI MEAS et la composante R4D du projet WAT4CAM, qui vise à développer des systèmes agroécologiques basés sur une diversité de plantes cultivées contribuant à l'amélioration de la fertilité des sols et à la rentabilité des systèmes de riziculture tout en assurant une réduction de l'utilisation d'intrants chimiques. Ces projets impliquent la mise en place de dispositifs expérimentaux pour modéliser et mesurer l'impact des pratiques agroécologiques (cultures de couvertures, rotation, non travail du sol et nivellement) sur le carbone organique du sol (SOC).

Les modèles utilisés intègrent bien plus de complexité que ne le permet NEXT : à ce jour, le module qui permet de mieux prendre en compte le SOC dans NEXT est toujours en cours de développement. Les modèles DNDC¹⁰ - *DeNitrification-DeComposition* (développé par l'Université de New Hampshire) et DSSAT¹¹ - *Decision Support System for Agrotechnology Transfer* développé par l'Université de Floride), et pourront permettre de préciser les effets des pratiques sur le SOC. Une fois publiés, les résultats pourront être intégrés dans NEXT.

2.2.4 Travail du sol et fertilisation

Les zones cibles du projet dans la province de Preah Vihear produisent du riz en agriculture biologique. Les fertilisants utilisés sont donc des fertilisants organiques et du fumier bovin. Le projet encourage l'utilisation de biochar, de compost et de fumier sur toutes les parcelles, y compris pour la production conventionnelle, mais les données sur les volumes d'utilisation ne sont pas encore disponibles par zone. On se base notamment sur les données disponibles dans les documents projets, en particulier les estimations de BOUCHER et al (2023)¹² pour estimer les doses totales d'intrants utilisés sur la zone.

Le bilan intègre principalement une diminution légère des fertilisants organiques depuis le début du projet, dans la zone conventionnelle et sur les parcelles gérées en agroécologie, c'est-à-dire qui intègrent des cultures de couvertures ou autres cultures en saison sèche. Les changements sont pour l'instant assez faibles, car cela ne concerne encore que de faibles surfaces et les producteurs n'ont pas encore tous pris conscience de l'impact des cultures de couverture sur la fertilisation et continuent à utiliser des doses de fertilisants chimiques importantes.

Sur les 255 ha principalement dédiés aux cultures annuelles identifiées en situation initiale, le projet prévoit l'amélioration des pratiques et notamment la diminution de l'intensité du travail du sol et des engrais chimiques. A ce jour, aucune intervention du projet n'a encore été menée dans cette zone, qui reste donc équivalente à la situation initiale menée avec application de fertilisants chimiques et travail du sol (pas de différence entre scénario de projet et scénario de référence). Il faut noter que le passage d'un travail du sol intense à un faible travail du sol à un potentiel de réduction d'émission de l'ordre de **- 61 t_{eq}CO₂/an**. Cela pourra être pris en compte dans le bilan final du projet.

⁹ USDA NRCS. 2003. Sunn hemp: A cover crop for southern and tropical farming systems. Soil Quality – Agronomy Technical Note No. 10. Washington, DC.

¹⁰ Modèle de simulation informatique de la biogéochimie du carbone et de l'azote dans les agroécosystèmes. Le modèle peut être utilisé pour prévoir la croissance des cultures, les régimes de température et d'humidité du sol, la dynamique du carbone du sol, la lixiviation de l'azote et les émissions de gaz à l'état de traces, notamment l'oxyde nitreux (N₂O), l'oxyde nitrique (NO), le diazote (N₂), l'ammoniac (NH₃), le méthane (CH₄) et le dioxyde de carbone (CO₂). <https://www.dndc.sr.unh.edu/>

¹¹ <https://dssat.net/>

¹² BOUCHER J., TIVET F., SESTER M., ADAM M., VERNET PA., 2023. Multi-criteria Analysis of an Agroecological Transition for Irrigated Rice Crops in Battambang Lowland. 124p

2.3 Synthèse du bilan à mi-parcours

Profil GES avec projet	Profil GES de référence	Bilan GES
1. Amélioration des pratiques en riziculture inondée, sur parcelles existantes		
Amélioration des pratiques sur 10 387 ha de riz irrigué : - Gestion plus fine des apports organiques, - Gestion des résidus de culture (résidus conservés au champ sur 30% de la surface en cycle 1, et 50% de la surface en cycle 2), Pas de changement de la gestion de l'eau par rapport à la situation initiale.	Aucun changement pour la gestion des résidus (résidus conservés au champ sur 21% de la surface en cycle 1, et 83% de la surface en cycle 2), et la gestion de l'eau par rapport à la situation initiale.	Emissions de CH₄ Delta : + 1 649 t_{eq}CO₂/an
2. Introduction d'un cycle d'autres cultures irriguées en saison sèche		
Introduction d'un troisième cycle de riz irrigué, inondé en présaison (moins de 30 jours avant mise en culture), en simple drainage, avec application de fertilisants chimiques (même conduite que les cycles précédents) sur 1 960 ha. Introduction de cultures de couverture et ou de haricot mungo en saison sèche sur 624 ha, labour réduit, rétention des résidus sur la parcelle → non estimé.	Pas de changements par rapport à la situation initiale, i.e. 2 cycles de riz inondé par an.	Delta : + 4 252 t_{eq}CO₂/an
3. Substitution des engrais chimiques en valorisant les résidus de récolte et le fumier		
Engrais chimiques utilisés sur 8 771 ha de riz irrigué conventionnel à hauteur de 146 kg N/ha/an et sur 521 ha (cultures de couvertures) à hauteur de 127 kg N/ha/an. 1 095 ha conduits en agriculture biologique, avec apports de fumier bovin à hauteur de 7 tonnes/ha (en considérant 0,8% de N).	Engrais chimiques utilisés sur 9 292 ha de riz irrigué conventionnel (146 kg N/ha/an). 1 095 ha conduits en agriculture biologique, avec apports de fumier bovin à hauteur de 7 tonnes/ha (en considérant 0,8% de N).	Emissions de CH₄ / Évitement des émissions de N₂O Delta : - 27 t_{eq}CO₂/an

3 Principales observations et recommandations

Les données disponibles sont bien plus précises que celles utilisées pour le bilan au stade faisabilité (études des pratiques en situation initiale sur les différents périmètres, suivi annuel des pratiques, etc.) mais elles apportent également un niveau de complexité (notamment concernant la gestion des résidus selon les cycles, l'assolement et les pratiques de fertilisation) qu'il n'est pas toujours possible de simuler dans NEXT. On se concentre sur les principaux changements et les pratiques les plus émettrices.

Le bilan GES réalisé au stade de l'étude de faisabilité est très différent du bilan à mi-parcours. Le projet est en cours de réalisation, ainsi, **les changements de pratiques souhaités par le projet ne sont pas encore effectifs sur une majeure partie de la surface considérée.** Cela est en partie imputable aux **infrastructures hydroagricoles encore en cours de réhabilitation** et donc pas encore pleinement opérationnelles, et d'autre part au **temps incompressible nécessaire à l'adoption de nouvelles pratiques agricoles.** Les activités prises en compte sont donc différentes entre les deux bilans, notamment le développement de la riziculture inondée sur de nouvelles parcelles de terres, initialement dégradées prévue sur 8 400 ha, qui n'a pas encore démarré et n'est donc pas intégré au bilan, soient 32 632 t_{eq}CO₂/an non comptabilisées à ce stade.

Le bilan à mi-parcours n'inclue donc pas non plus les changements prévus de gestion de l'eau et notamment l'irrigation intermittente, qui n'est pas encore opérationnelle dans la plupart des zones de projet. Elles seront par contre intégrées au bilan final, et auront **potentiellement un impact important sur les émissions de CH₄, surtout si le projet promeut la mise en place de multiples assecs** durant les cycles de culture (contre un assec par cycle en scénario de référence). Il sera notamment intéressant de fournir des informations permettant d'arbitrer les compromis entre les rendements et les émissions de GES de ces pratiques.

On note **l'impact négatif sur le bilan GES de la mise en culture d'un troisième cycle de riz** dans une des zones de projet où le canal d'irrigation est opérationnel. Cette intensification permise par l'accès à l'eau en saison sèche n'est pas particulièrement encouragée par le projet mais résulte d'une augmentation des cours de riz qui incite les producteurs à augmenter la production de riz plutôt qu'à diversifier les cultures. Il conviendra de **bien suivre cette dynamique dans les phases suivantes du projet, en particulier dans les zones qui sont sur le point d'avoir un meilleur accès à l'eau en saison sèche.** L'utilisation de NEXT pourrait par exemple permettre de **simuler l'impact de la mise en culture d'un troisième cycle de riz sur d'autres périmètres irrigués en situation de référence (prospectif) et ainsi estimer les émissions évitées si les producteurs se tournent vers des cultures annuelles diversifiées à la place (scénario de projet).**

Les **Lignes directrices du GIEC ne fournissent pas de méthodologie sur laquelle nous puissions nous appuyer pour analyser avec NEXT le cas de cultures de couvertures ou de cultures annuelles irriguées en rotation avec du riz inondé.** Lorsqu'il y a plusieurs systèmes en rotation sur un même terrain, il est notamment recommandé de ne comptabiliser que la plus émettrice (riz inondé dans ce cas). Il paraît cependant **important de pouvoir estimer les émissions éventuelles dues à la décomposition des résidus s'ils sont laissés au sol, mais aussi les potentiels effets des plantes de couverture et cultures en rotation sur la séquestration de carbone dans le cas du riz inondé.** Il convient donc de **poursuivre les travaux de recherche entrepris dans le cadre du projet WAT4CAM et du projet DEI MEAS sur l'impact des pratiques agroécologiques sur le SOC,** afin de nourrir le bilan GES qui sera effectué en fin de projet.

L'utilisation d'**engrais organique influe négativement sur le bilan à mi-parcours** : combinée avec une gestion en inondation continue, elle augmente la méthanisation de la matière organique. Cependant, les émissions de CH₄ devraient grandement **diminuer lorsque les infrastructures hydroagricoles permettront d'effectuer un ou plusieurs assecs durant le cycle de culture et permettre de limiter l'usage de fertilisants chimiques.** Par ailleurs, il faut garder en tête l'impact positif de la substitution d'une partie des fertilisants chimiques par des engrais organiques, qui doit permettre de limiter les coûts pour les producteurs et leur permettre une plus grande autonomie.

Il convient de rappeler que le bilan GES seul ne constitue pas un critère suffisant pour évaluer pleinement l'intérêt d'une pratique agricole. Il est primordial de prendre en compte d'autres dimensions telles que les aspects économiques, agronomiques, environnementales, etc. Toutefois, cet exercice montre qu'il reste encore des zones d'ombre concernant l'impact de certaines pratiques agroécologiques en termes d'émissions de GES, soulignant ainsi le besoin d'approfondir les connaissances scientifiques à ce sujet. Il met également en évidence le fait que l'intensification rizicole

est systématiquement associée à des émissions importantes de CH₄, et que la diversification des cultures portée par le projet va dans le bon sens. Les alternatives proposées par le projet semblent prometteuses, cependant, il est actuellement impossible de les simuler dans NEXT, ce qui rend difficile une comparaison véritable de leurs effets sur les émissions.

Annexe 1 – Données de base utilisées pour établir le bilan à mi-parcours¹³

NEXT ASSESSMENT - DATA COLLECTION GRID																	
	Initial land use						Final land use						Initial area in ha	Final area with ha			
	Land use	Land use type	If Rice	Nb of cycles	Soil mngt	Soil input	Residues or fire mngt	Land use	If Rice	Nb of cycles	Land use type	Soil mngt	Soil input	Residues or fire mngt	Area before	Area at the end of	
			Description of rice	If Flooded rice	If Flooded rice	If Flooded rice	Org. Amend	Description of management for each cycle	If Flooded rice	Water	If Flooded rice	Water	If Flooded rice	Org. Amend			Comment
OKS	Wet seasonal rice (Flooded rice in early rainy season/rainfed rice)		1 cycle (120 to 150 days)	Leave soil in dry season, high tillage in pre-season (plough land for land preparation)	Some farmer (35%) use cow manure during land preparation for basal fertilizer, 25% of farmers use organic fertilizer, and other no fertilizer application	Straw export (35%), burned rice straw and stubble (50%), rice straw and stubble retained (15%)	Wet seasonal rice (Flooded rice/rainfed rice) and dry seasonal non-rice crop	Cycle 1(120-150 days)	Rice		Wet seasonal rice (Flooded rice in early rainy season/rainfed rice), and 20% of farmers reduce tillage	Organic fertilizer application, and irrigated water in case it has drought occurring during midd rainy season	Export rice straw (50% of rice field area) for cow feed and mulching, and retained rice straw and stubble without burning	265	265		
								Cycle 2(90 to 110 days)									Dry seasonal non-rice crop (cover crop for green manure, peanut, water melon, sesame and mung bean), 5% of total area
Muen Reach IS	Wet seasonal rice (Flooded rice in early rainy season/rainfed rice)		1 cycle (120 to 150 days)	Leave soil in dry season, high tillage in pre-season (plough land for land preparation)	Some farmer (40%) use cow manure during land preparation for basal fertilizer, 30% of farmers use organic fertilizer, and other no fertilizer	Straw export (35%), burned rice straw and stubble (10%), rice straw and stubble retained (55%)	Wet seasonal rice (Flooded rice/rainfed rice) and dry seasonal non-rice crop	Cycle 1(120-150 days)	Rice		Wet seasonal rice (Flooded rice in early rainy season/rainfed rice), and 20% of farmers reduce tillage	Organic fertilizer application, and irrigated water in case it has drought occurring during midd rainy	Export rice straw (50% of rice field area) for cow feed and mulching, and retained rice straw and stubble without burning	227	227		
								Cycle 2(90 to 110 days)									Dry seasonal non-rice crop (cover crop for green manure, peanut, water melon, sesame and mung bean), 4% of total area
uek Kraharm IS	Wet seasonal rice (Flooded rice in early rainy season/rainfed rice)		1 cycle (120 to 150 days)	Leave soil in dry season, high tillage in pre-season (plough land for land preparation)	Some farmer (25%) use cow manure during land preparation for basal fertilizer, No farmers use organic fertilizer, and other no	Straw export (5%), burned rice straw and stubble (60%), rice straw and stubble retained (35%)	Wet seasonal rice (Flooded rice/rainfed rice) and dry seasonal non-rice crop	Cycle 1(120-150 days)	Rice		Wet seasonal rice (Flooded rice in early rainy season/rainfed rice), and 20% of farmers reduce tillage	Organic fertilizer application, and irrigated water in case it has drought occurring during midd rainy season	Export rice straw (50% of rice field area) for cow feed and mulching, and retained rice straw and stubble without burning	603	603		
								Cycle 2(90 to 110 days)									Dry seasonal non-rice crop (cover crop for green manure and mung bean), 1% of total area

¹³ Ces données ont été collectées via des entretiens avec les membres de l'équipe TA-AGRI du projet WAT4CAM et sur la base des rapports du projet indiqués dans la bibliographie.

Riziculture irriguée et changement climatique – Note Bilan WAT4CAM

O Ott IS 684ha	Flooded rice			Cycle 1 (120 to 150 days)	Leave soil (80% of total area) in dry season, high tillage in pre-season (plough land for land preparation)	Applying chemical fertilizer (40% of the area), and 15% applied the cow manure and other non-fertilizer application	Straw export (25%), burned rice straw and stubble (60%), rice straw and stubble retained (15%)	Rice and dry seasonal non-rice crop diversification	Cycle 1 (120 to 150 days)	Wet season rice	Leave soil (68% of total area) in dry season, high tillage in pre-season (plough land for land preparation)	Applying chemical fertilizer (40% of the area), and 15% applied the cow manure and other non-fertilizer application	Straw export (35%), burned rice straw and stubble (40%), rice straw and stubble retained (25%)	684	684	
				Cycle 2 (95 days) (20% of total area)	Flooded pre-land preparation in 1 week (20% of the area)	Irrigate signle drainage with chemical fertilizer application	rice straw and stubble retained		Cycle 2 (95 days) (20% of total area)	Dry seasonal rice	Flooded pre-land preparation in 1 week (20% of the area)	Irrigate signle drainage with chemical fertilizer application	rice straw and stubble retained	120	150	
									Cycle 2 for non-rice crop diversification	Cover crop, corn, water melon and mung bean	Reduce tillage	Organic fertilizer application, and irrigated water in case	Keep crop waste as green manure in the field for following rice production	0	43	WAT4CAM Phase 1 targeted to have the dry-seasonal non-rice crop diversification in paddy field after rainy rice season at 20% of total area
Kok Thlok Lue	Flooded rice			Cycle 1 (120 to 160 days)	Leave soil (97% of total area) in dry season, high tillage in pre-season (plough land for land	Applying chemical fertilizer (80% of the area), and 20% applied the cow manure	Straw export (60%), burned rice straw and stubble (10%), rice straw and stubble retained	Rice and dry seasonal non-rice crop diversification	Cycle 1 (120 to 160 days)	Wet season rice	Leave soil (85% of total area) in dry season, high tillage in pre-season (plough land for land preparation)	Applying chemical fertilizer (50% of the area), and 15% applied the cow manure and other non-fertilizer application	Straw export (30%), burned rice straw and stubble (40%), rice straw and stubble retained (35%)	1445	1445	
				Cycle 2 (95 days) (2.5% of total area)	Flooded pre-land preparation in 1 week (2.5% of the area)	Irrigate signle drainage with chemical fertilizer application	rice straw and stubble retained		Cycle 2 (95 days) (6% of total area)	Dry seasonal rice	Flooded pre-land preparation in 1 week (6% of the area)	Irrigate signle drainage with chemical fertilizer application	rice straw and stubble retained	57	57	
									Cycle 2 for non-rice crop diversification (100 days)	Cover crop, corn, water melon and mung bean	Reduce tillage	application, and irrigated water in case it has drought occurring	Keep crop waste as green manure in the field for following rice production	0	19	WAT4CAM Phase 1 targeted to have the dry-seasonal non-rice crop diversification in paddy field after rainy rice season at 20% of total area
Mkak-Krapeur	Flooded rice			Cycle 1 (120 to 160 days)	Leave soil (97% of total area) in dry season, high tillage in pre-season	Applying chemical fertilizer (90% of the area), and 10% applied the	Straw export (60%), burned rice straw and stubble (5%), rice straw and	Rice and dry seasonal non-rice crop diversification	Cycle 1 (120 to 160 days)	Wet season rice	Leave soil (80% of total area) in dry season, high tillage in pre-season (plough land for land preparation)	Applying chemical fertilizer (80% of the area), and 20% applied the cow manure	Straw export (10%), burned rice straw and stubble (10%), rice straw and stubble retained (80%)	1639	1639	
				Cycle 2 (95 days) (5% of total area)	Flooded pre-land preparation in 1 week (5% of the area)	Irrigate signle drainage with chemical fertilizer application	rice straw and stubble retained		Cycle 2 (95 days) (8% of total area)	Dry seasonal rice	Flooded pre-land preparation in 1 week (8% of the area)	Irrigate signle drainage with chemical fertilizer application	rice straw and stubble retained	85	90	
									Cycle 2 for non-rice crop	Cover crop, corn, water melon and	Reduce tillage	Organic fertilizer application, and irrigated water in case	Keep crop waste as green manure in the field for	0	114	WAT4CAM Phase 1 targeted to have the dry-seasonal non-rice crop diversification in paddy field after rainy rice season

Riziculture irriguée et changement climatique – Note Bilan WAT4CAM

								diversification	none-rice crop		diversification	none-rice crop				AT 20% of total area
Kanghot	Flooded rice		Cycle 1 (95 to 125 days)	Leave soil (93% of total area) in dry season from Feb to April, high tillage in pre-season (plough land)	Applying chemical fertilizer (100% of the area)	Straw export (85%), burned rice stubble (10%), rice straw retained (5%)	Rice and dry seasonal non-rice crop diversification	Cycle 1 (120 to 160 days)	Wet season rice	Leave soil (80% of total area) in dry season, high tillage in pre-season (plough land for land preparation)	Applying chemical fertilizer (100% of the production area)	Straw export (80%), burned rice stubble (2%), rice straw retained (18%)	5071	5071		
								Cycle 2 (95 days) (93% of total area)	Dry seasonal rice	Flooded pre-land preparation in 1 week (93% of the area)	Irrigate single drainage with chemical fertilizer application	rice straw export (60%) and rice straw retained (30%)	4450	4660		
			Cycle 2 (95 days) (90% of total area)	Flooded pre-land preparation in 1 week (5% of the area)	Irrigate single drainage with chemical fertilizer application	rice straw export (90%) and rice straw retained (10%)		Cycle 3 (95 days), 37% of total area, whole area of Block A-B	Dry seasonal rice	Flooded pre-land preparation in 1 week (37% of the area)	Irrigate single drainage with chemical fertilizer application	Have not yet harvested, but their plan is to retain the rice straw in the paddy field	0	1960		
								Cycle 2 for non-rice crop diversification (100 days for cash crop and short term cover crop, and 160 days for long term cover crop)	Short term and long term cover crop (Ochroloca, Sunn Hemp, Junccea...), mung bean, water melon, fruit vegetable.	Reduce tillage	Organic fertilizer application, and irrigated water in case it has drought occurring during middle rainy season	Keep crop waste as green manure in the field for following rice production cycle	0	345		WAT4CAM Phase 1 targeted to have the dry-seasonal non-rice crop diversification in paddy field after rainy rice season at 20% of total area
Prek Batch 1	Flooded rice (64% of total area)	rice	Cycle 1 (95 days) from Nov to Feb	Leave soil (64% of total area) in rainy	Applying chemical fertilizer	rice straw retained (100%) and no burning	Flooded rice	Cycle 1 (95 days)	Dry season	Leave soil (64% of total area) in rainy season because of	Applying chemical fertilizer and pesticide (100% of the area)	rice straw retained (100%) and no burning	453	453		
			Cycle 2 (95 days) (17% of total area)	High tillage in pre-season (plough land for land preparation)	Applying chemical fertilizer (100% of the area)	rice straw retained (100%) and no burning		Cycle 2 (95 days) (21% of total area)	Early wet season	High tillage in pre-season (plough land for land preparation)	Applying chemical fertilizer and pesticide (100% of the area)	rice straw retained (100%)	120	148		
	Annual crop land (34%)	Maize, mango, banana, and vegetable		full tillage, then raise crop earth bed	Applying chemical fertilizer (100% of the area)	crop waste retained for green manure for next cycle	Annual crop land (35%)	maize, mango, banana, and vegetable (mostly fruity)		full tillage	Applying chemical fertilizer (99% of the area) without green manure, and 1% use	crop waste retained for green manure for next cycle for vegetable and corn	250	255		T4CAM target to increase 10% of diversified non-rice crop area

Annexe 2 – Evolution des prix du riz depuis 2020

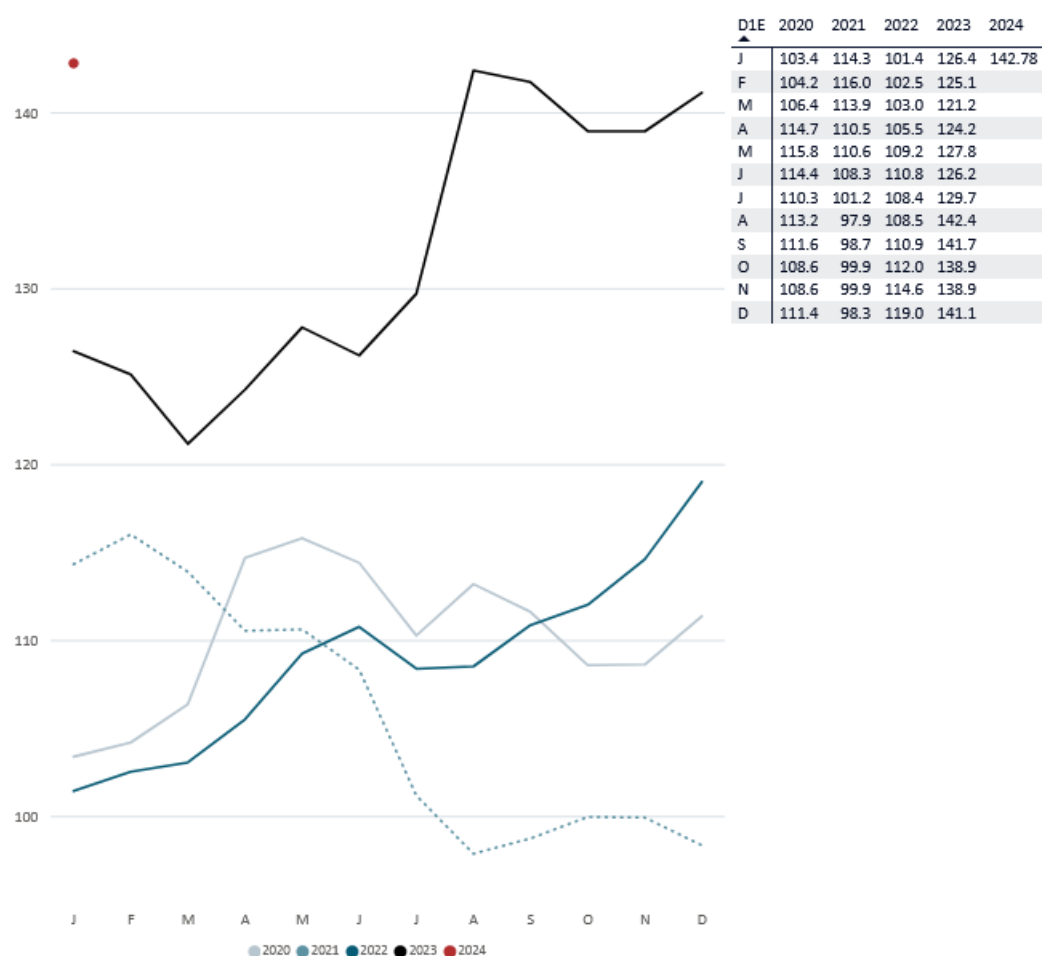


Figure 1 : Indice des prix du riz (FAO, 2024)

Bibliographie

- AFD, 2018. Programme de Gestion des ressources en eau et de Transition Agro-écologique dans les périmètres irrigués au Cambodge. Narratif Bilan carbone. 11p.
- BOUCHER J., TIVET F., SESTER M., ADAM M., VERNET PA., 2023. Multi-criteria Analysis of an Agroecological Transition for Irrigated Rice Crops in Battambang Lowland. 124p
- DAYET, 2021. D'une riziculture traditionnelle aux cultures d'exportation : quel avenir pour la filière rizicole biologique de la commune de Rik Rey ? Cambodge, province de Preah Vihear, district de Rovieng, commune de Rik Rey. 110p.
- FAO, 2022a. *Technical guidance for the Nationally Determined Contribution Expert Tool (NEXT)*. 256p FAO, 2022b. *Ex-Ante Carbon-balance Tool | EX-ACT – Guidelines. Second Edition – Tool version 9*. 200p
- FERREIRA S., KONG R., SREYMOM S., SESTER M., LENG V., TIVET F., SENG V., 2020. Land use changes, farming systems trajectories and rice-based cropping systems characterization. Focus group discussion – Rovieng. 14p.
- FERREIRA, 2020. Diversité des exploitations agricoles et opportunités de transition agroécologique de Battambang, Cambodge. 100p.
- FILLOUX, 2020. Diagnosis of rice farming systems and opportunities for agroecological transition in Cambodia. 132p.
- HWANG H., KIM GW., KIM SY., HAQUE MM., KHAN MI., KIM PJ., 2017. Effect of cover cropping on the net global warming potential of rice paddy soil. *Geoderma*, Volume 292, 2017, Pages 49-58, ISSN 0016-7061. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.01.001>
- IPCC, 2006. IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, IGES, Japan.
- MAFF, 2023. Component 4: support innovative farming practices and support to rice value chain water resource management and agro-ecological transition in cambodia program (wat4cam) phase-1. Quarterly report. 80p.
- PORWOLLIK V., ROLINSKI S., HEINKEL J., VON BLOH W., SCHAPHOFF S., MULLER C., 2021. The role of cover crops for cropland soil carbon, nitrogen leaching, and agricultural yields - A global simulation study with LPJmL. *Biogeosciences*. <https://doi.org/10.5194/bg-2021-215>
- SalvaTerra, 2023. Livrable 2.2 – Définition des scénarios « projet » et « de référence » pour les bilans GES. 25p.
- USDA NRCS. 2003. Sunn hemp: A cover crop for southern and tropical farming systems. Soil Quality – Agronomy Technical Note No. 10. Washington, DC.
- VANG S., VERNET PE., PRADHAN R., EBERLE M., CHHIN P., KEO N., TIVET F., 2022. DEI MEAS – A transitioning system for a change toward agroecological practices. 2022 Activity report. 32p.



Février 2024

SAS SalvaTerra
6 rue de Panama
75018 Paris | France
Tél : +33 (0)6 66 49 95 31
Email : info@salvaterra.fr
Web : www.salvaterra.fr

