



Guide de
référence sur
la vulnérabilité
Annexe

Table des matières

1

1. Modèle de plan de mise en œuvre pour les analyses de vulnérabilité (plan de mise en œuvre d'une AV) 2

Plan de mise en œuvre d'une AV : information générale et portée	2
Plan de mise en œuvre de l'AV : état des lieux sur les connaissances	3
Plan de mise en œuvre de l'AV : ressources & partenaires	4
Plan de mise en œuvre de l'AV : programmes connexes et facteurs externes	5
Plan de mise en œuvre de l'AV : objectifs et périmètre de l'AV	6
Plan de mise en œuvre de l'AV : calendrier et ressources humaines	7

2

2. Modèles de chaînes d'impact 8

Modèle d'une chaîne d'impact pour le secteur de l'agriculture (utilisée dans l'analyse de vulnérabilité au Burundi)	8
Modèle de chaîne d'impact pour l'impact « évolution de la mortalité due au paludisme » (utilisée dans l'analyse de vulnérabilité au Burundi)	9
Modèle de chaîne d'impact d'une analyse de vulnérabilité transfrontalière : impact potentiel « évolution de l'eau disponible »	10
Modèle de chaîne d'impact d'une analyse de vulnérabilité transfrontalière : impact potentiel de l'évolution des superficies couvertes par la forêt	11
Modèle de chaîne d'impact d'une analyse de vulnérabilité transfrontalière : impact potentiel de « l'évolution des superficies couvertes par les zones humides »	12
Modèle de chaîne d'impact d'une analyse de vulnérabilité transfrontalière : impact potentiel de « l'évolution de l'eau disponible pour la production agricole »	13

3

3. Sélection d'indicateurs pour les analyses de vulnérabilité 14

Exemples d'indicateurs pour les analyses de vulnérabilité	14
Indicateurs utilisés dans l'analyse de vulnérabilité en Allemagne	15

4

4. Exemples d'indicateurs de capacité d'adaptation 17

5

5. Exemples d'indicateurs sensibles à la dimension de genre 19

6

6. Fiches de renseignement sur les indicateurs 21

Modèle de fiche de renseignement sur les indicateurs 21

Exemple de fiche de renseignement sur les indicateurs 22

7

7. Exemples d'analyses à l'aide d'indicateurs 25

Exemple 1 : analyse de l'indicateur « type de culture » 25

Exemple 2 : analyse de l'indicateur « densité de population » 26

Exemple 3 : analyse de l'indicateur « degré de pente » 27

Exemple 4 : analyse de l'indicateur « couvert végétal » 28

Exemple 5 : analyse de l'indicateur « revenu des ménages » 29

8

8. Modèle pour agréger les indicateurs d'exposition, de sensibilité, de capacité d'adaptation et les composantes de la vulnérabilité 30

9

9. Modèle de plan de rapport pour une analyse de vulnérabilité 32

10

10. Mise en œuvre du Guide de référence sur la vulnérabilité :

l'analyse de vulnérabilité de Khyber Pakhtunkhwa au Pakistan 35

Table des matières 36

Contexte de l'analyse de vulnérabilité 36

Mettre en œuvre le Guide de référence sur la vulnérabilité au Pakistan 37

Préparer l'analyse de vulnérabilité (Module 1) 38

Développer une chaîne d'impact (Module 2) 47

Identification des indicateurs et méthodes de quantification (Modules 3 à 5) 49

Agréger les indicateurs et les composantes de la vulnérabilité (Modules 6 et 7) 53

Résultats stratégiques de l'analyse de vulnérabilité 55

Annexe 57

11

11. Mise en œuvre du Guide de référence sur la vulnérabilité : l'analyse de vulnérabilité

des petits propriétaires agricoles dans la communauté de Chullcu Mayu (Bolivie) 59

Table des matières 60

Préparer l'analyse de vulnérabilité (Module 1) 60

Développer une chaîne d'impact (Module 2) 64

Méthodologie d'analyse (Modules 3 à 7) 66

Résultats stratégiques de l'analyse de vulnérabilité (Module 8) 77

1

1. Modèle de plan de mise en œuvre pour les analyses de vulnérabilité (plan de mise en œuvre d'une AV)

Plan de mise en œuvre d'une AV : information générale et portée

Feuille de calcul sur Excel téléchargeable en ligne :

<https://gc21.giz.de/ibt/var/app/wp342deP/1443/index.php/knowledge/vulnerability-assessment/vulnerability-sourcebook/>

Plan de mise en œuvre d'une analyse de vulnérabilité	
Informations générales	
Titre de l'AV	Titre (provisoire) de votre analyse de vulnérabilité
Contexte	Décrivez le contexte général de l'AV (Module 1 ; étape 1), en précisant : <ul style="list-style-type: none"> • Quels sont programmes ou processus liés à l'AV ? • Quelles sont les connaissances déjà disponibles ? • Quelles sont les institutions qui jouent un rôle dans le domaine de l'AV ? • Quelles sont les ressources disponibles ? • Quels sont événements externes qui peuvent jouer un rôle important ?
Objectifs	Décrivez l'objectif général de l'AV (Module 1 ; étape 2) : <ul style="list-style-type: none"> • Quel est le processus spécifique qui doit être appuyé par l'AV ? • Existe t'il des lacunes en termes d'informations ? • Quel est le public cible ?
Résultats stratégiques attendus	Décrivez les résultats stratégiques que vous souhaitez obtenir (Module 1 ; étape 2) : <ul style="list-style-type: none"> • Comment les résultats de votre AV doivent-ils être présentés ?
Portée de l'analyse de vulnérabilité	
Portée thématique	Décrivez le sujet de votre AV (Module 1 ; étape 3) : <ul style="list-style-type: none"> • Quel est le sujet exact de votre analyse de vulnérabilité ?
Impacts et vulnérabilités déjà identifiés	Référez-vous ici aux impacts climatiques potentiels qui doivent être traités dans l'AV (Module 1 ; étape 3) : <ul style="list-style-type: none"> • Avez-vous déjà en tête des idées d'impacts et de vulnérabilités climatiques potentiels ?
Périmètre géographique	Décrivez le périmètre spatial de votre analyse de vulnérabilité (Module 1 ; étape 3) <ul style="list-style-type: none"> • Quel est le périmètre géographique de votre analyse ?
Périmètre temporel	Préciser la portée temporelle de votre AV (Module 1 ; étape 3) : <ul style="list-style-type: none"> • Quelle est la période traitée par l'analyse ?
Approche méthodologique	Décrivez les méthodes proposées pour l'analyse (Module 1 ; étape 3) : <ul style="list-style-type: none"> • Quelles sont les méthodes appropriées pour votre AV ?

Source : adelphi/EURAC 2014.

Plan de mise en œuvre de l'AV : état des lieux sur les connaissances

Feuille de calcul sur Excel téléchargeable en ligne :

<https://gc21.giz.de/ibt/var/app/wp342deP/1443/index.php/knowledge/vulnerability-assessment/vulnerability-sourcebook/>

Plan de mise en œuvre d'une analyse de vulnérabilité						
Connaissances existantes (Module 1 ; étape 1)						
		Date de publication	Périmètre / domaine d'étude	Informations clefs / Impacts	Connaissances manquantes	Remarques
Etudes existantes et informations disponibles						
	Etude 1					
	Etude 2					
	Etude 3					
	Etude 4					
	Etude 5					
	Etude 6					
	Etude 7					
	Etude 8					
	Etude 9					
	Etude 10					

Source : adelphi/EURAC 2014.

Plan de mise en œuvre de l'AV : ressources & partenaires

Feuille de calcul sur Excel téléchargeable en ligne :

<https://gc21.giz.de/ibt/var/app/wp342deP/1443/index.php/knowledge/vulnerability-assessment/vulnerability-sourcebook/>

Plan de mise en œuvre d'une analyse de vulnérabilité						
Situation et ressources pour la mise en œuvre (Module 1 ; étape 1)						
		Financières	Humaines	Techniques	Temps disponible	
Ressources propres						
		Besoins ou intérêts par rapport à l'AV	Fonctions	Ressources	Temps disponible	Conflits d'intérêts potentiels
Ressources des partenaires	Partenaire 1					
	Partenaire 2					
	Partenaire 3					
	Partenaire 4					
	Partenaire 5					
	Partenaire 6					
	Partenaire 7					
Acteurs ou parties prenantes clefs	Partie prenante 1					
	Partie prenante 2					
	Partie prenante 3					
	Partie prenante 4					
	Partie prenante 5					
	Partie prenante 6					
	Partie prenante 7					
	Partie prenante 8					

Source : adelphi/EURAC 2014.

Plan de mise en œuvre de l'AV : programmes connexes et facteurs externes

Feuille de calcul sur Excel téléchargeable en ligne :

<https://gc21.giz.de/ibt/var/app/wp342deP/1443/index.php/knowledge/vulnerability-assessment/vulnerability-sourcebook/>

Plan de mise en œuvre d'une analyse de vulnérabilité				
Programmes existants et facteurs externes (Module 1 ; étape 1)				
		Objectifs clefs	Synergies ou chevauchements possibles	Remarques
Processus ou programmes connexes dans le domaine de l'adaptation	Plan national d'adaptation			
	Programme 2			
	Programme 3			
	Programme 4			
	Programme 5			
	Programme 6			
	Programme 7			
	Programme 8			
Facteurs externes		Influence sur le sujet de l'AV	Remarques	
	Facteur externe 1			
	Facteur externe 2			
	Facteur externe 3			
	Facteur externe 4			
	Facteur externe 5			
	Facteur externe 6			
	Facteur externe 7			
	Facteur externe 8			

Source : adelphi/EURAC 2014.

Plan de mise en œuvre de l'AV : objectifs et périmètre de l'AV

Feuille de calcul sur Excel téléchargeable en ligne :

<https://gc21.giz.de/ibt/var/app/wp342deP/1443/index.php/knowledge/vulnerability-assessment/vulnerability-sourcebook/>

Plan de mise en œuvre d'une analyse de vulnérabilité	
Objectifs et résultats stratégiques attendus (Module 1 ; étape 2)	
Objectifs	Quel(s) programme(s) spécifique(s) l'analyse de vulnérabilité doit-elle appuyer ?
	Quelles sont les informations manquantes ?
	Qui est le public cible ?
Résultats stratégiques attendus	Comment allez-vous présenter les résultats de l'analyse de vulnérabilité ?
Portée de l'analyse de vulnérabilité (Module 1 ; étape 3)	
Portée thématique	Décrivez le sujet précis de votre analyse de vulnérabilité :
Impacts et vulnérabilités déjà identifiés	Décrivez les méthodes proposées pour l'analyse de vulnérabilité :
Périmètre géographique	Décrivez le périmètre spatial (géographique) de votre analyse de vulnérabilité :
Périmètre temporel	Précisez la période temporelle traitée par votre analyse de vulnérabilité :
Approche méthodologique	Décrivez les méthodes proposées pour l'analyse :

Source : adelphi/EURAC 2014.

Plan de mise en œuvre de l'AV : calendrier et ressources humaines

Feuille de calcul sur Excel téléchargeable en ligne :

<https://gc21.giz.de/ibt/var/app/wp342deP/1443/index.php/knowledge/vulnerability-assessment/vulnerability-sourcebook/>

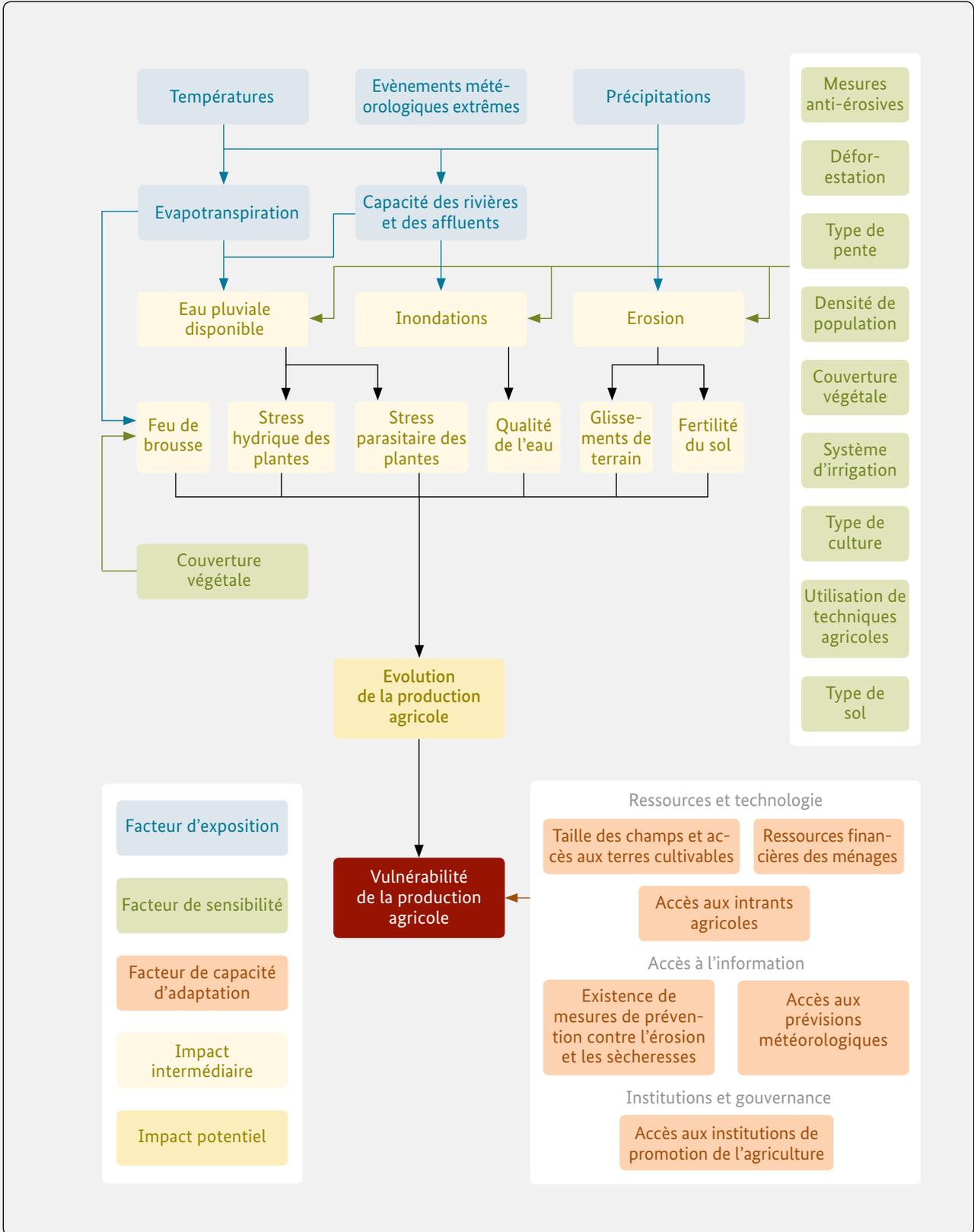
Plan de mise en œuvre d'une analyse de vulnérabilité													
Calendrier des activités & des interventions													
Module 1 : Préparer l'analyse de vulnérabilité									Calendrier				
#	Tâche	Statut	Date	Responsabilité	Parties impliquées	Entrées / ressources	Résultat opérationnel	Mois 1	Mois 2	Mois 3	Mois 4	..	
1.1	Etape 1 : Comprendre le contexte de l'AV							■	■	■	■		
1.2	Etape 2 : Identifier les objectifs et les résultats stratégiques							■	■				
1.3	Etape 3 : Déterminer le périmètre de l'AV								■	■			
1.4	Etape 4 : Préparer le plan de mise en œuvre de l'AV												
Module 2 : Développer les chaînes d'impact									Calendrier				
#	Tâche	Statut	Date	Responsabilité	Parties impliquées	Entrées / ressources	Résultat opérationnel	Mois 1	Mois 2	Mois 3	Mois 4	..	
2.1	Etape 1 : Identifier les impacts potentiels												
2.2	Etape 2 : Déterminer l'exposition												
2.3	Etape 3 : Déterminer la sensibilité												
2.4	Etape 4 : Déterminer la capacité d'adaptation												
2.5	Etape 5 : Brainstorm sur les mesures d'adaptation (optionnel)												

Source : adelphi/EURAC 2014.

2

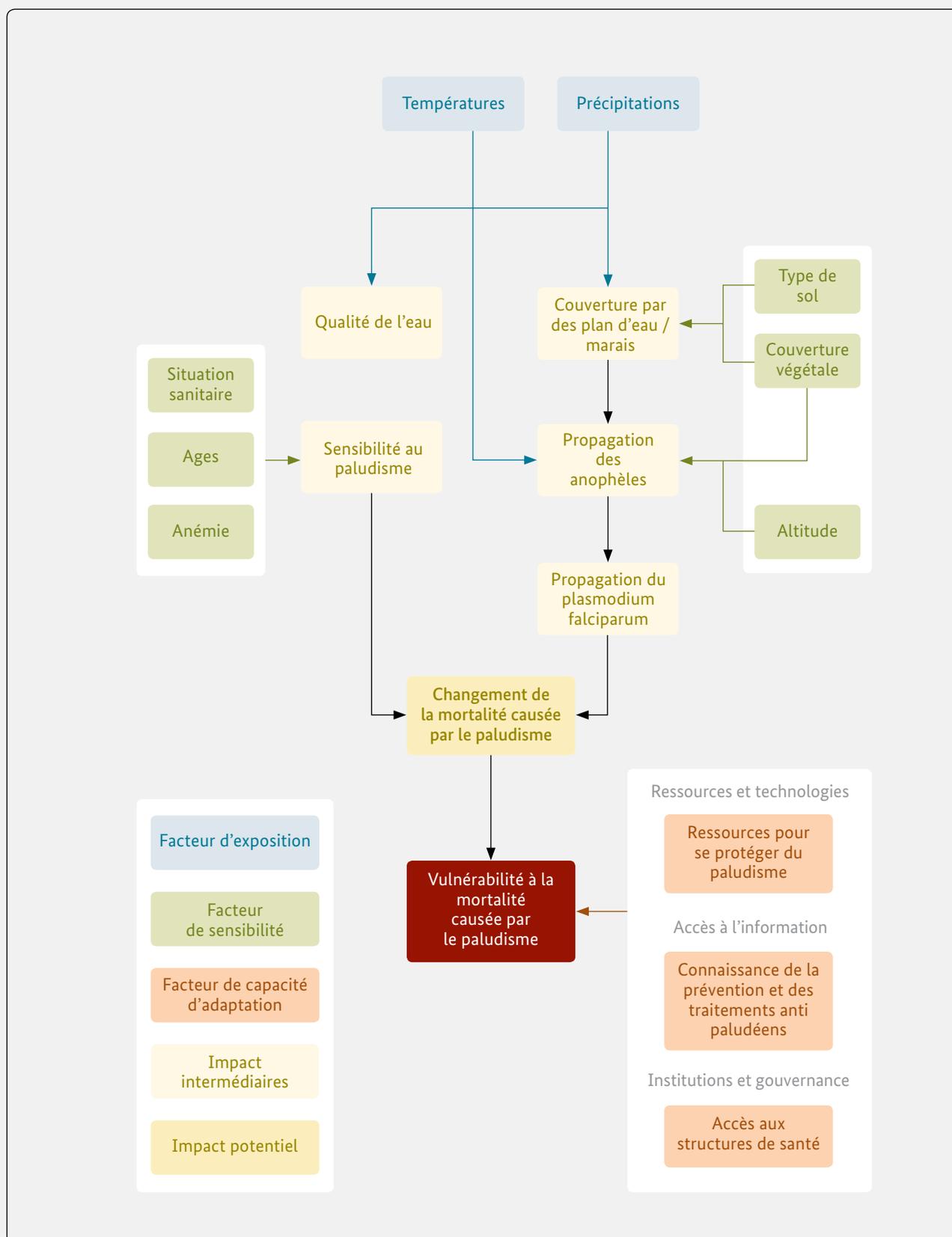
2. Modèles de chaînes d'impact

Modèle d'une chaîne d'impact pour le secteur de l'agriculture (utilisée dans l'analyse de vulnérabilité au Burundi)



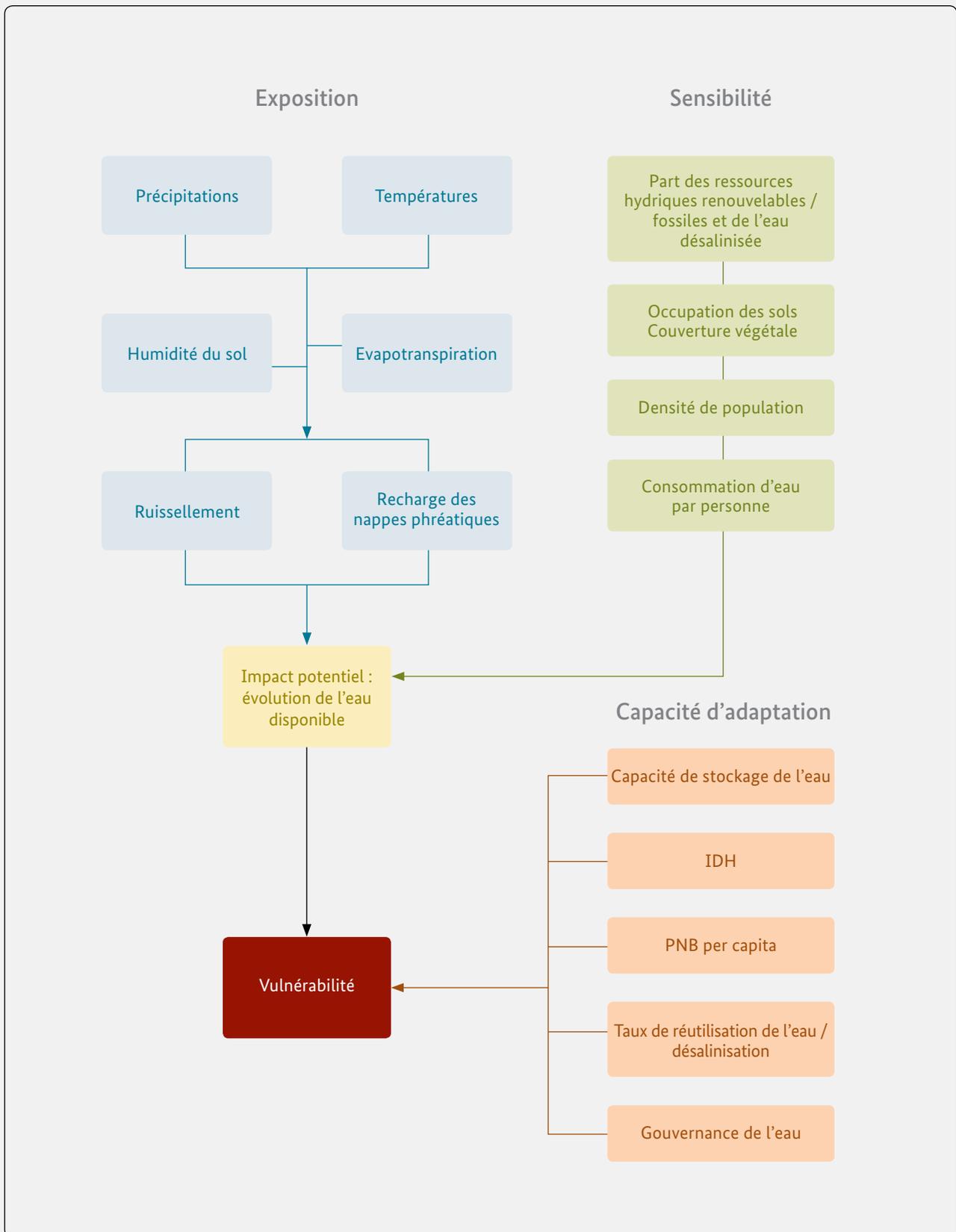
Source : adelphi/EURAC 2014.

Modèle de chaîne d'impact pour l'impact « évolution de la mortalité due au paludisme » (utilisée dans l'analyse de vulnérabilité au Burundi)



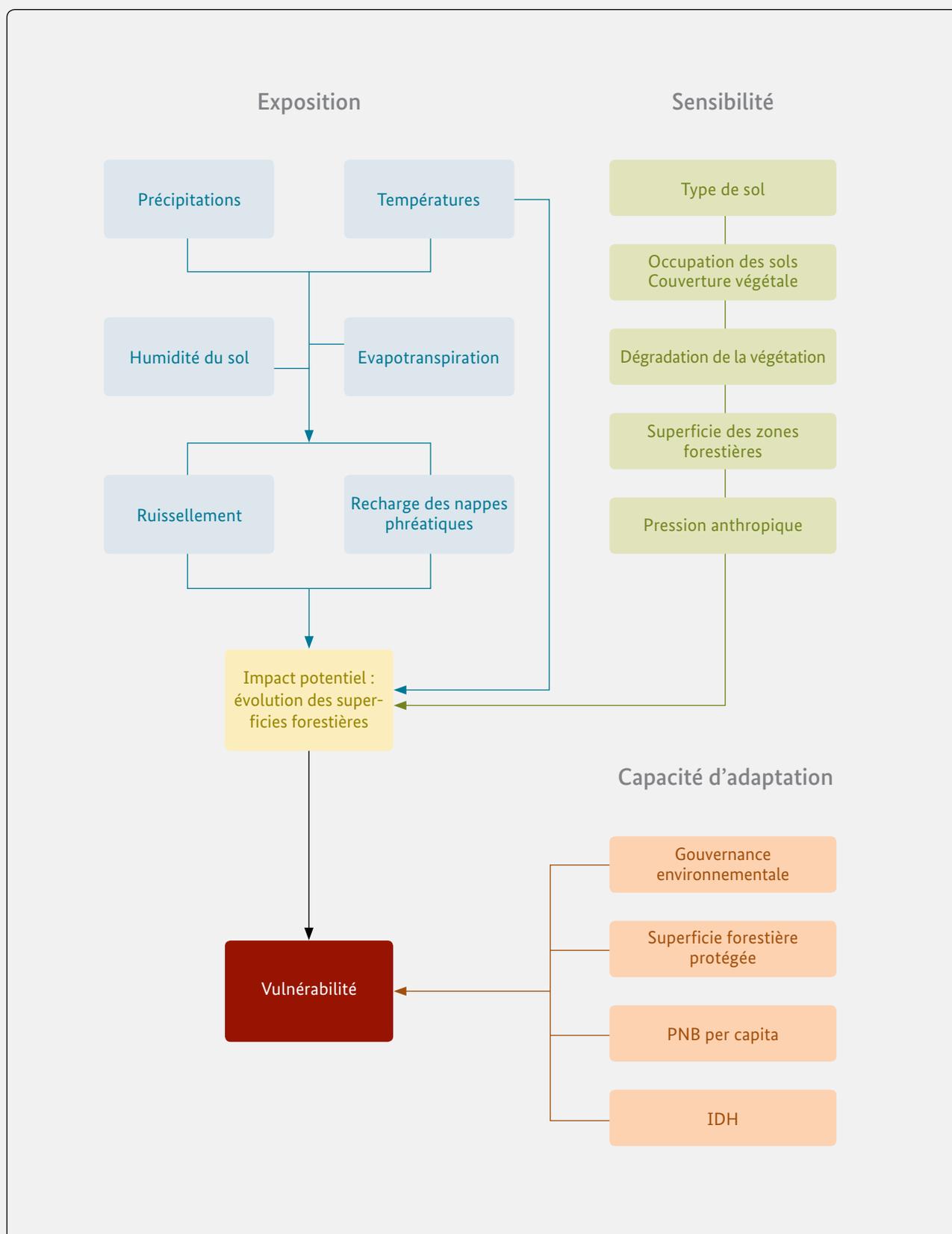
Source : adelphi/EURAC 2014.

Modèle de chaîne d'impact d'une analyse de vulnérabilité trans-frontalière : impact potentiel « évolution de l'eau disponible »



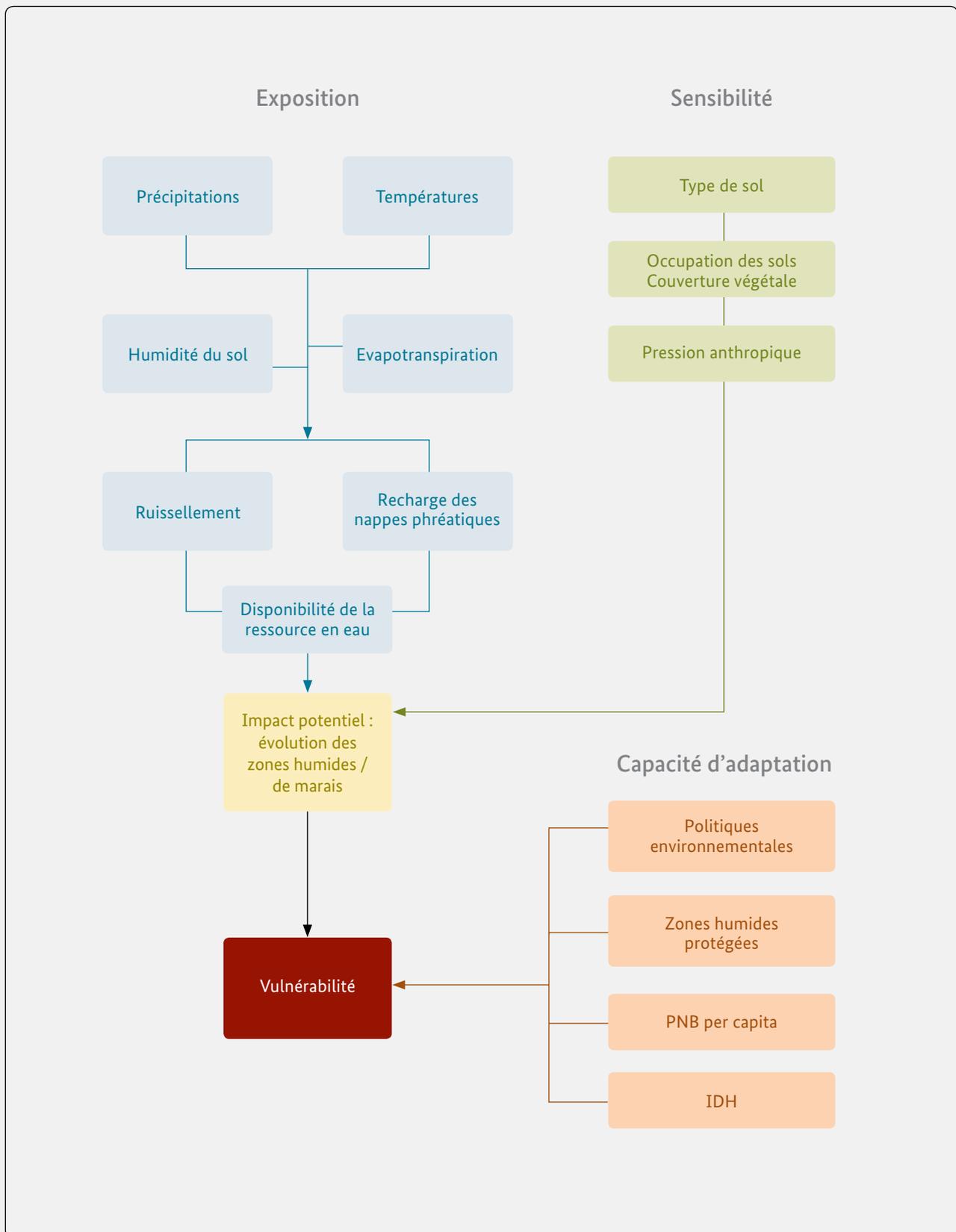
Source : adelphi/EURAC 2014.

Modèle de chaîne d'impact d'une analyse de vulnérabilité transfrontalière : impact potentiel de l'évolution des superficies couvertes par la forêt



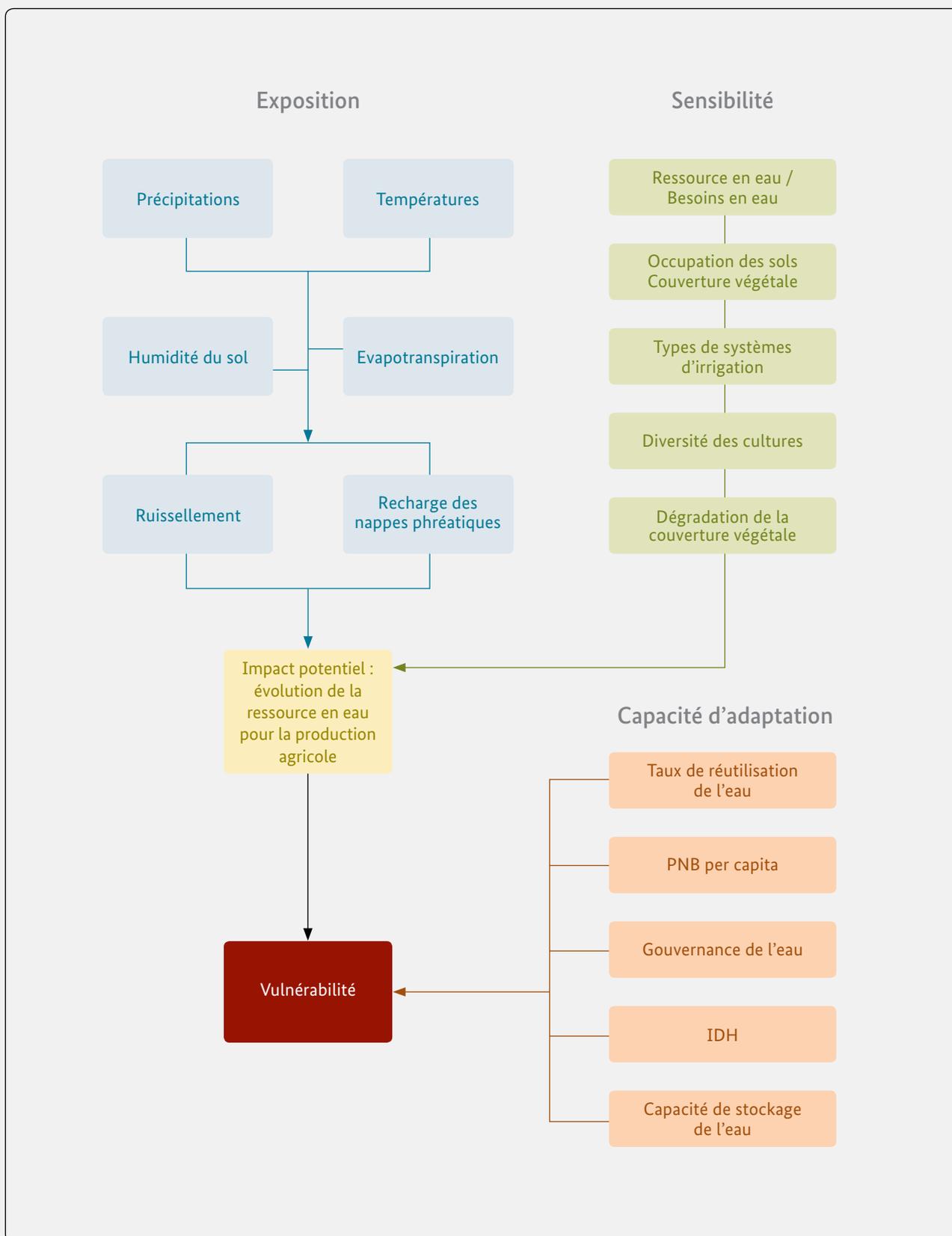
Source : adelphi/EURAC 2014.

Modèle de chaîne d'impact d'une analyse de vulnérabilité transfrontalière : impact potentiel de « l'évolution des superficies couvertes par les zones humides ».



Source : adelphi/EURAC 2014.

Modèle de chaîne d'impact d'une analyse de vulnérabilité transfrontalière : impact potentiel de « l'évolution de l'eau disponible pour la production agricole ».



Source : adelphi/EURAC 2014.

3. Sélection d'indicateurs pour les analyses de vulnérabilité

Exemples d'indicateurs pour les analyses de vulnérabilité

Composante de la vulnérabilité	Catégories d'indicateurs	Exemple d'indicateurs	Source de données potentielles	Méthodes
Exposition	Stimuli climatiques	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre de nuits dont T (min) est supérieur à 25°C • Nombre d'événements pluviaux extrêmes • Nombre de jours dont T (max) est inférieur à 0°C 	<ul style="list-style-type: none"> • Services météo, Modèle de climat global (MCG), Modèle de climat régional (MCR) 	<ul style="list-style-type: none"> • Analyses de données / MCG, MCR, analyses de tendances
		<ul style="list-style-type: none"> • Pourcentage de zones inondées (nombre de cas par siècle) • Fréquence des tempêtes (vécues) 	<ul style="list-style-type: none"> • Bureau des statistiques, bases de données nationales sur les catastrophes ou les pertes • Services météo 	<ul style="list-style-type: none"> • Analyses de données / analyses SIG / modèles de catastrophes • Analyses des données, enquêtes, modèles de catastrophes
Sensibilité	Caractéristiques biophysiques	<ul style="list-style-type: none"> • Données sur la couverture végétale • Type de cultures • Système d'irrigation 	<ul style="list-style-type: none"> • Bureau des statistiques, institut géodésique / organisation interne • Instituts géodésiques/ Bureaux des statistiques • Bureau des statistiques / experts/population cible 	<ul style="list-style-type: none"> • Télédétection • Télédétection / enquête • Enquête
	Caractéristiques socio-économiques	<ul style="list-style-type: none"> • Densité de population • Nombre de personnes habitant des zones inondées durant les 100 dernières années 	<ul style="list-style-type: none"> • Bureau des statistiques • Bureau des statistiques / Cartes des risques 	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse SIG • Enquête / analyse SIG
Impact	Indicateurs de perte	<ul style="list-style-type: none"> • Pertes en termes de production agricole • Dégâts potentiels dus aux inondations 	<ul style="list-style-type: none"> • Fonctions de valeurs (par ex. fonction de perte) 	<ul style="list-style-type: none"> • Empirique • Synthétique
	Indicateur d'impact potentiel	<ul style="list-style-type: none"> • Impact potentiel des orages 	<ul style="list-style-type: none"> • Indicateurs de l'AV : exposition et sensibilité 	<ul style="list-style-type: none"> • Agrégation géométrique
Capacité d'adaptation	Caractéristiques socio-économiques	<ul style="list-style-type: none"> • Niveau d'éducation • Revenu • Indice de GINI • Accès à des techniques d'irrigations efficaces • Accès aux structures de santé 	<ul style="list-style-type: none"> • Bureau des statistiques / population cible / organisation interne • Bureau des statistiques / population cible / organisation interne • Banque mondiale • Littérature/ population cible • Bureau des statistiques / population cible 	<ul style="list-style-type: none"> • Enquête / revue documentaire • Enquête / revue documentaire • Analyse de données / revue documentaire • Revue documentaire / enquête • Analyse GIZ / enquête
	Indicateurs sur les politiques	<ul style="list-style-type: none"> • Evolution des politiques d'occupation des sols • Indicateur de gouvernance 	<ul style="list-style-type: none"> • Littérature / entretiens avec les experts • Littérature / entretiens avec les experts • Organisation interne 	<ul style="list-style-type: none"> • Revue documentaire / questionnaire • Revue documentaire / questionnaire

Source : adelphi/EURAC 2014.

Indicateurs utilisés dans l'analyse de vulnérabilité en Allemagne

(Par le Réseau vulnérabilité [*Netzwerk Vulnerabilität*])

Une analyse standardisée portant sur toute l'Allemagne a été réalisée en 2011 à la demande du Groupe de travail interministériel sur l'adaptation, en vue du rapport d'activités de la Stratégie allemande d'adaptation (DAS) afin d'évaluer les progrès, prévu en 2015. Cette analyse couvre tous les secteurs de la DAS et étudie les relations inter-sectorielles afin de pouvoir comparer les vulnérabilités et d'identifier les sites et les secteurs particulièrement sensibles pour la priorisation des besoins d'adaptation. Afin de lancer ce processus, un réseau de 16 autorités et agences publiques, appelé « Réseau vulnérabilité » (*Netzwerk Vulnerabilität* en allemand) a été créé, soutenu par un consortium scientifique. Dans un esprit de coopération, les scientifiques ont développé la méthodologie, rassemblé les connaissances disponibles, préparé l'évaluation, et travaillé avec les agents scientifiques des autorités respectives, qui ont soutenu les scientifiques par leur expertise et par la prise de décisions normatives pour concentrer l'évaluation sur les aspects les plus pertinents.

Vous trouverez ci-dessous un extrait de la liste des indicateurs de sensibilité et d'impact utilisés dans le cadre de l'analyse allemande :

Indicateurs de sensibilité par secteur

Secteur	Indicateurs de sensibilité par secteur :
Secteur de la construction	Bâtiments et infrastructures dans les zones inondables
	Densité de construction
	Densité de population
Transport	Position des aéroports civils
	Position et quantité des infrastructures de transport (routes et chemins de fer) dans les zones inondables
	Position et quantité de routes, voies ferrées et aérodromes dans les zones sujettes au gel
Santé publique	Proportion de la population âgée de 60 ans et plus (très sensible à la chaleur)
	Nombre d'hôpitaux, médecins et ambulances par comté
Protection marine et des littoraux	Utilisation des sols sur le littoral
Eau	Position des barrages
	Position des stations d'épuration
Energie	Position et production des centrales thermiques
	Proportion de l'énergie hydraulique
	Position des lignes d'alimentation électrique, des gazoducs et des oléoducs
Tourisme	Position des infrastructures touristiques
	Montant de nuitées et hébergements dans les comtés
	Position des villes thermales
Industrie et commerce	Position des parcs chimiques
	Utilisation de l'eau par les industries
	Pourcentage de l'industrie et du commerce dans la création brute de richesses totale par comté

Source : adelphi/EURAC 2014, Plan and Risk Consult, 2013.

Secteur	Indicateur
Secteur de la construction	Modification des dommages potentiels aux bâtiments et aux infrastructures à cause des inondations
	Changement du climat intérieur
	Changement des ilots de chaleur en milieu urbain
Transport	Changement du nombre de jours comportant un risque de gel des avions
	Dégâts potentiels causés par les inondations sur les routes et les voies ferrées
	Dégâts potentiels causés par le gel sur les routes, les voies ferrées et les aéroports
Santé publique	Evolution du nombre de jours de stress thermique potentiel pour les humains
	Evolution du nombre de jours dont la météo engendre des difficultés respiratoires
	Evolution du nombre de consultations médicales par comté
Protection marine et des littoraux	Evolution des travaux nécessaires à cause de la montée du niveau des mers
	Dégâts potentiels sur les littoraux à cause de la montée du niveau des mers
Pêche	Evolution de la diversité des espèces de poissons
	Evolutions de la croissance, la reproduction et la mortalité des poissons
	Evolution des conditions de pêche en raison de phénomènes météorologiques extrêmes
Eau	Modification des débits
	Evolution du nombre et de l'amplitude des inondations
	Qualité et disponibilité des eaux de surface
Energie	Evolution de la demande en chauffage et en énergie de refroidissement
	Evolution de la capacité régionale en énergie hydroélectrique
	Evolution de la disponibilité en eau de refroidissement pour les centrales thermiques
	Dégâts potentiels sur les lignes électriques, gazoducs et oléoducs
Finance et assurances	Montant des pertes assurées dues à la tempête et la grêle
	Evolution des exigences en matière d'assurance et des primes d'assurance
	Evolution des décisions concernant les investissements et les crédits
Tourisme	Evolution du nombre de jours de baignade
	Dommages potentiels aux infrastructures touristiques en raison des orages
	Evolution du nombre de jours de chaleur extrême dans les villes thermales
Industrie et commerce	Inondations potentielles des parcs chimiques
	Dommages potentiels aux infrastructures de transport de longue distance en raison des tempêtes
	Evolution de la ressource en eau pour la production industrielle
Biodiversité	Diffusion éventuelle d'espèces envahissantes
	Evolution des zones d'écosystèmes
	Evolution des services des écosystèmes
Sol	Evolution de l'équilibre hydrique
	Evolution de l'érosion et de la déflation du sol
	Evolution des fonctions du sol
Forêt	Evolution du nombre de jours comportant un risque d'incendie
	Evolution du stress lié à la chaleur et à la sécheresse
	Evolution de la production de bois
Agriculture	Evolution des phases de croissance des plantes
	Evolution des rendements
	Pertes potentielles causées par des événements météorologiques extrêmes

Source : adelphi/EURAC 2014.

4. Exemples d'indicateurs de capacité d'adaptation

Indicateur	Description	Méthode/ Données
PIB par habitant (US\$/PPP)	Mesure de l'activité économique totale ou de la richesse totale d'un pays. Elle indique la capacité de financement et de maintien des projets d'adaptation.	Données nationales, Banque mondiale - Indicateurs du développement dans le monde (WDI)
Indice de GINI	Mesure de la répartition (de l'inégalité) des revenus d'un pays ; elle indique les déséquilibres de partage de la charge financière et les clivages sociaux.	Données nationales, Banque mondiale (WDI)
Indice « sur la facilité à faire des affaires » (<i>Ease of doing business index</i>)	Évaluation de la réglementation économique et des droits de propriété dans un pays et classement de l'ensemble des 189 Etats. Il indique le potentiel de viabilité économique et le potentiel de développement.	Données nationales, www.doingbusiness.org
Indice de quantité des produits agricoles importés	Indice quantitatif agrégeant la production agricole et les produits alimentaires importés. Conduit à des hypothèses sur la dépendance alimentaire et la vulnérabilité par rapport aux prix du marché mondial et la vulnérabilité en cas de conditions climatiques extrêmes.	Données nationales, Bureau des statistiques du PAM
Secteur professionnel par ménage, en nombre relatif par rapport aux différents secteurs professionnels par ménage	Reflète la capacité des ménages à réagir à l'évolution de leurs revenus. En outre, certaines industries sont, par nature, plus sûres et mieux à même de fournir une meilleure organisation sociale.	Enquêtes des ménages
Nombre d'abonnement de téléphones portables (pour 100 personnes)	L'accès aux réseaux téléphoniques cellulaires mobiles sert d'indicateur de substitution (<i>proxy</i>) de l'accès à un réseau de services et informations.	Données nationales et locales, Banque mondiale (WDI) et sociétés téléphoniques locales
Source d'eau améliorée en milieu rural (% de la population rurale ayant accès)	Pourcentage de la population rurale ayant accès à une source améliorée d'eau potable (eau courante, robinets publics, sources protégées, collecte des eaux de pluie) afin de prévenir les infections.	Banque mondiale (WDI)
Assainissement amélioré (% de la population ayant accès)	Pourcentage de la population rurale ayant accès à des sanitaires améliorés (à chasse / chasse manuelle, latrines ventilées, toilettes à compost) indiquant la résilience aux maladies.	Banque mondiale (WDI)
Accès à l'électricité (% de la population)	Pourcentage de la population ayant accès à l'électricité. L'accès à l'électricité est une nécessité de base à de nombreuses activités liées aux efforts d'adaptation.	Banque mondiale (WDI)
Nombre de lits d'hôpitaux (pour 1000 habitants)	Les lits d'hôpitaux disponibles dans les hôpitaux publics, privés, généraux ou spécialisés servent d'indicateur de substitution (<i>proxy</i>) du niveau de préparation à la lutte contre les maladies et d'indicateur d'accès en général aux soins curatifs et préventifs.	Organisation Mondiale de la Santé (Observatoire mondial sur les données sanitaires), statistiques nationales
Perte de valeur causée par les coupures d'électricité (en % des ventes)	Il s'agit du pourcentage des ventes perdues en raison de pannes d'électricité. Cet indicateur sert d'indicateur de substitution pour représenter la vulnérabilité du réseau électrique et le potentiel économique.	Banque mondiale (WDI), statistiques nationales
Temps de trajet moyen vers le marché le plus proche (en minutes)	Temps de trajet moyen nécessaire pour se rendre au marché le plus proche.	Données locales, dans les enquêtes, question « Combien de temps vous faut-il pour vous rendre au marché le plus proche ? »
Temps de trajet moyen vers le centre médical le plus proche (en minutes)	Temps de trajet moyen nécessaire pour se rendre au centre de santé le plus proche.	Données locales, dans les enquêtes, question « Combien de temps vous faut-il pour vous rendre au centre médical le plus proche ? »
Indice de participation et de responsabilité	Fait partie des « Indicateurs de gouvernance dans le monde » de la Banque mondiale. Saisit les perceptions sur la liberté et les droits de participation fondamentaux.	Données nationales, Banque mondiale (WGI)

suite sur la page suivante

Indicateur	Description	Méthode/ Données
Indice de la société civile	Évalue la santé et le dynamisme des sociétés civiles nationales à l'aide quatre dimensions (structure, espace / environnement, valeurs, impact) afin de mesurer la culture civique et la culture politique en général.	Données nationales, index CIVICUS
Nombre de coopératives locales ou d'organisation sociale pour 1000 habitants	Les ménages s'appuient sur un réseau social qui agit souvent comme un substitut à l'assurance, à l'épargne ou comme moyen de subsistance sûr pendant la période de déstabilisation d'une situation d'urgence. Les organisations sociales compensent le niveau d'organisation d'une société et ont le potentiel d'apporter une aide matérielle ou non matérielle lors de la reconstruction.	Données locales, bases de données des institutions impliquées dans l'appui du public, enquêtes
Proportion des villages qui ont des activités menées par des ONGs	Les ONG font partie des organisations de la société civile et servent d'indicateur d'un environnement participatif et dans la mesure où différents groupes de personnes sont en mesure de façonner les priorités du gouvernement (local).	Données locales, bases de données des institutions impliquées dans l'appui du public, enquêtes
Emeutes et conflits, proportion de villages ayant connu une émeute	Mesure la capacité d'une société à résoudre ses conflits en interne et sans pressions extérieures (politique, administrative, militaire). La capacité à résoudre les conflits en interne est une des principales raisons de l'existence de liens sociaux solides au sein des communautés et facilite d'autres formes de soutien.	Données locales, enquêtes, outil CAST (<i>Conflict Assessment Framework – Cadre d'évaluation des conflits</i>) du Fonds pour la paix
Dépenses totales de santé publique (% du PIB)	La somme des dépenses publiques et privées de santé par rapport au PIB utilisée comme un indicateur de l'engagement en faveur de l'intérêt public général.	Données nationales, Banque mondiale (WDI), statistiques nationales
Dette du gouvernement central (% du PIB)	Toutes les obligations et dettes du gouvernement envers des tiers, agissant comme un indicateur de la liberté fiscale du pays donné.	Données nationales, Banque mondiale (WDI), statistiques nationales
Personnes déplacées dans leur propre pays (nombre, estimation basse)	Personnes devant quitter leurs maisons sans franchir de frontières. Utilisé comme un indicateur des conflits internes et de charges administratives.	Données nationales, Banque mondiale (WDI)
Taux de dépendance	Ratio entre population non active et la population active (respectivement les personnes ayant moins de 15 ans et plus de 65 ans contre celles âgées entre 15 et 65 ans), mesurant la charge économique de la politique sociale, les soins, mais aussi les réseaux interpersonnels.	Données nationales et locales, dans les enquêtes, réponse à la question « Veuillez mentionner l'âge et le genre de chaque personne qui dort et mange dans cette maison ».
Utilisateurs d'internet (pour 100 personnes)	L'accès à internet sert d'indicateur général d'accès aux réseaux d'information.	Données nationales, Banque mondiale (WDI)
Total des dépenses publiques pour l'éducation (% du PIB)	Le total des dépenses publiques (courantes et en capital) sur l'éducation exprimé en pourcentage du produit intérieur brut (PIB) pour une année donnée. Indique l'engagement envers l'éducation.	Données nationales, Banque mondiale (WDI)
Nombre d'agriculteurs formés aux techniques améliorées d'irrigation	Le nombre d'agriculteurs formés aux techniques améliorées d'irrigation est un indicateur de la disposition générale et l'entretien des systèmes améliorés d'irrigation. Il sert en outre d'indicateur de substitution sur la diffusion du savoir-faire et sur la sensibilisation aux techniques et aux problèmes d'irrigation.	Données locales, bases de données d'institutions du secteur de l'eau, enquête
% de revenu disponible pour investir dans de nouveaux types de cultures	Indicateur sur la capacité à planter des cultures plus résistantes. Pouvoir investir dans de nouveaux types de cultures est un atout important pour faire face à des changements environnementaux.	Données locales, bases de données d'institutions du secteur agricole/ des cultures, enquête
Nombre de coopératives locales dans le domaine de l'eau	Indicateur de substitution permettant de mesurer la capacité institutionnelle à améliorer la distribution de l'eau.	Données locales, bases de données d'institutions du secteur de l'eau, enquête
Nombre de ménages pratiquant des techniques améliorées de gestion des terres telles que l'amélioration des labours et des mesures anti-érosives	Indicateur de substitution permettant de mesurer la capacité d'améliorer la gestion des terres.	Données locales, bases de données d'institutions du secteur agricole/ des cultures, enquête

suite sur la page suivante

Indicateur	Description	Méthode/ Données
Taux d'alphabétisation des adultes, hommes et femmes confondus (en % d'adultes de plus de 15 ans)	Pourcentage de la population âgée de 15 ans et plus qui est capable de lire et d'écrire en comprenant. Ces compétences sont nécessaires pour accéder aux médias et aux réseaux essentiels.	Rapports sur le développement humain du PNUD
Ratio entre les professeurs et les élèves, Éducation primaire	Nombre d'élèves inscrits à l'école primaire divisé par le nombre de professeurs de l'école primaire. La dotation des écoles est l'indicateur principal de la qualité des écoles et de l'éducation.	Données nationales, données locales, Banque mondiale (WDI), statistiques nationales
Dépenses en recherche et développement (R&D) (% du PIB)	Il s'agit des dépenses de recherche et développement par rapport au PIB. Cet indicateur mesure le potentiel global d'innovation et les capacités d'adaptation technologiques potentielles.	Données nationales, Banque mondiale (WDI)

Source : adelphi/EURAC 2014, Plan and Risk Consult, 2013.

5

5. Exemples d'indicateurs sensibles à la dimension de genre

Indicateur	Unité	Description
Taux d'alphabétisation des femmes	%	Pourcentage de femmes capable de lire et de comprendre des textes.
Indice des inégalités de genre (IIG), 2012		Indice composite mesurant l'inégalité des sexes selon trois dimensions : la santé reproductive, l'autonomisation et la participation au marché du travail. Cet indice s'obtient à partir des indices de développement humain du PNUD et permet de classer tous les Etats-nations participants.
Indice de développement de genre (IDG)		Indice composite mesurant les écarts d'espérance de vie, d'éducation et de revenus entre les hommes et les femmes.
Taux brut de scolarisation des femmes pour le primaire et le secondaire	%	Nombre total de filles scolarisées dans l'enseignement primaire et secondaire en pourcentage de la population féminine en âge de fréquenter l'enseignement officiel. Les données peuvent être obtenues auprès de la Banque mondiale (WDI), de l'ONU et des statistiques nationales.
Ratio filles-garçons dans l'enseignement primaire et secondaire	%	Pourcentage de filles et de garçons inscrits aux niveaux primaire et secondaire dans les écoles publiques et privées. Les données peuvent être obtenues auprès de la Banque mondiale (WDI).
Ratio filles-garçons dans l'enseignement tertiaire	%	Pourcentage de filles et de garçons scolarisés dans l'enseignement tertiaire dans les écoles publiques et privées. Les données peuvent être obtenues auprès de la Banque mondiale (WDI).
Passage des femmes vers l'école secondaire.	%	Proportion des écolières scolarisées en dernière année d'éducation primaire et passant à l'école secondaire. Les données peuvent être obtenues auprès de la Banque mondiale (WDI).

[suite sur la page suivante](#)

Indicateur	Unité	Description
Mortalité infantile	Total pour 1000 naissances vivantes	La mortalité infantile élevée a un impact négatif sur les revenus des ménages avec des effets disproportionnés sur les femmes (par rapport aux hommes). Les données peuvent être obtenues auprès de la base de données de l'Organisation Mondiale pour la Santé (OMS) sur la mortalité.
Taux de mortalité maternelle	%	Le taux de mortalité maternelle représente le risque associé à chaque grossesse en raison l'insuffisance de soins de santé et /ou d'information et de priorisation de la question du genre. Ainsi, l'exposition à ce risque est exclusivement féminine. Les données peuvent être obtenues auprès de l'OMS.
Pourcentage de ménages dirigés par des femmes	%	Les ménages dirigés par des femmes sont désavantagés à plusieurs niveaux (dépendance élevé, un capital ou des actifs et un accès aux ressources moindres, un passé marqué par des bouleversements, des revenus moins importants, une capacité de diversification et de mobilité moins importante). Pourcentage de ménages où le chef de famille est une femme. Si un homme chef de famille est hors de son domicile plus de 6 mois par an, la femme est alors considérée comme le chef de famille. Les données sont obtenues par sondage ou par questionnaire.
Pourcentage de ménages dont un membre de la famille est atteint d'une maladie chronique	%	L'apparition d'une maladie chronique est un risque majeur pour la pauvreté, car il rend les femmes très vulnérables à la fois comme personnes affectées ou en charge des soins. Pourcentage de ménages qui déclarent qu'au moins 1 membre de la famille est atteint d'une maladie chronique. La maladie chronique est définie subjectivement par la personne interrogée. Les données sont obtenues par voie d'enquête.
Pourcentage de ménages dont un membre de la famille travaille dans une autre communauté	%	Les migrations liées au travail sont une source importante de diversification des revenus. En raison de leur mobilité réduite, les femmes doivent exécuter des tâches supplémentaires. Pourcentage de ménages qui déclarent qu'au moins 1 membre de la famille travaille en dehors de la communauté pour son activité professionnelle principale. Les données sont obtenues par voie d'enquête.
Pourcentage de ménages comportant des orphelins	%	Les orphelins et leur éducation imposent des obligations et des ressources supplémentaires aux ménages respectifs qui les prennent en charge. Pourcentage de ménages qui ont au moins un orphelin vivant dans leur maison. Les orphelins sont des enfants âgés de moins de 18 ans qui ont perdu un ou deux parents. Les données sont obtenues par voie d'enquête.
Organisations civiques et associations actives dans la zone géographique (optionnel : et qui prennent en compte les questions liées à l'égalité des sexes)	Nombre absolu/ %	Le nombre d'associations sert d'indicateur exprimant la capacité à exprimer des opinions et des concepts et à participer au processus décisionnel et à l'établissement d'agendas dans la sphère publique. Par extension on peut aussi considérer le nombre d'associations se concentrant sur le genre ou les questions féminines. Les données sont obtenues par sondage ou questionnaire.
Part des titres de propriété détenus par les femmes	ha/ superficie/ %	Mesure de la proportion de titres fonciers délivrés et qui sont occupés par des femmes. Dans certains pays ou dans certains cas, il est plus difficile pour les femmes d'obtenir des titres fonciers ou d'en hériter. Les données sont obtenues par sondage ou issues des statistiques nationales.
Proportion des femmes salariées du secteur non agricole	%	Proportion des travailleuses de sexe féminin salariées du secteur non agricole (industrie et services) exprimée en pourcentage du nombre total de salariés dans ce même secteur. L'emploi salarié a souvent été la chasse gardée des hommes dans les pays moins développés, sauf dans l'agriculture. Les données sont obtenues auprès de la Banque mondiale (WDI) et de la FAO.
Proportion des femmes par rapport à la population active totale	%	Femmes actives en pourcentage du total de la population active. Ce taux exprime dans quelle mesure les femmes font partie de la population active. A la lumière de la participation des femmes dans le secteur informel et des travaux ménagers, la part de la population active est utilisée comme indicateur de substitution de la participation générale à la vie sociale et comme point d'entrée dans la sphère publique. Les données sont obtenues auprès de la Banque mondiale (WDI) et issues des statistiques nationales.

Source : adelphi/EURAC 2014.

6. Fiches de renseignement sur les indicateurs

Modèle de fiche de renseignement sur les indicateurs

FICHE DE RENSEIGNEMENTS : Numéro de la fiche (par ex. IMP #1)

Feuille de calcul sur Excel téléchargeable en ligne : <https://gc21.giz.de/ibt/var/app/wp342deP/1443/index.php/knowledge/vulnerability-assessment/vulnerability-sourcebook/>

Indicateur	
Indicateur :	Nom de l'indicateur <i>Eau pluviale disponible.</i>
Composante de la vulnérabilité :	Quelle composante de la vulnérabilité l'indicateur décrit-il ? <i>Impact.</i>
Description (position dans la chaîne d'impact) :	Information supplémentaire pour décrire l'indicateur <i>Indicateur calculé pour représenter l'impact « eau pluviale disponible ».</i> <i>Résultant de : « Eau d'irrigation disponible » et « apport en eau pour les cultures ».</i>
Commentaires :	
Données	
Sources ou origine :	Qui fournit les données ? <i>Université La Paz, Département de l'agriculture.</i>
Disponibilité et coût :	Quelles sont les conditions d'obtention des données ? <i>Demande officielle du Ministère de l'agriculture ; pas de coût afférent.</i>
Type de données :	Dans quel format les données sont-elles fournies ? <i>Géo-données ou données géographiques (format du fichier).</i>
Niveau géographique :	Périmètre et échelle des données <i>Couverture nationale, 1 valeur par district.</i>
Echelle statistique :	Quelle est l'échelle statistique des données ? <i>Quantitative (cardinale).</i>
Unité de mesure :	Dans quelle unité les données sont-elles fournies ? <i>Ruissellement en m³ / seconde.</i>
Méthode de calcul :	Quelle est la méthode utilisée pour le calcul ? <i>Modèle semi-physique basé sur la méthodologie Mello de 2008.</i>
Indicateurs d'entrée requis :	A-t-on besoin de sous-indicateurs ? Lesquels ? <i>Pour la situation actuelle : non.</i> <i>Pour 2050 : il sera nécessaire de revoir le modèle à la lumière des nouvelles données sur la pluviométrie quotidienne et l'évapotranspiration.</i>
Référence temporelle et fréquence de mesure :	Pour quelle(s) année(s) les données sont-elles disponibles ? <i>1990 - 2010, données annuelles.</i>
Tendance projetée en l'absence d'adaptation :	Tendance de l'impact du changement climatique <i>Baisse.</i>
Catégories et seuils :	Quels sont les catégories et les seuils qui sont proposés ou qui ont été déterminés ? Font elles/ils partie d'une classification standard ? <i>Seuils proposés : plus de 100 mm ; 100 à 0 mm ; 0 t à -100 mm ; moins de -100 mm.</i>
Notation :	Quelle échelle ou quelles catégories doit on utiliser pour l'analyse ? <i>Echelle de 0 à 1 (avec 200 mm de pluie comme point -zéro).</i>
Commentaires :	

Source : Ministère de l'environnement et des ressources minérales 2012, Plan and Risk Consult 2013.

Exemple de fiche de renseignement sur les indicateurs

Utilisée dans le cadre de l'analyse de vulnérabilité au Pakistan (cf. annexe 10)

Seuil de pauvreté

Indicateur	
Indicateur :	Nom de l'indicateur <i>Seuil de pauvreté.</i>
Composante de la vulnérabilité :	Quelle composante de la vulnérabilité l'indicateur décrit-il ? <i>La capacité d'adaptation.</i>
Description (position dans la chaîne d'impact)	Information supplémentaire pour décrire l'indicateur <i>La pauvreté augmente au Pakistan. Impact sur la sécurité alimentaire et les moyens de subsistance.</i>
Commentaires :	<i>La pauvreté a augmenté de 23% en 2008 à 37.4% en 2011. Le niveau de vie a diminué à cause de la compression des dépenses dans le secteur social. L'augmentation de l'inflation et des prix et la pénurie des matières premières ont pesé sur des millions de personnes et les ont poussées sous le seuil de pauvreté.</i>
Données	
Sources ou origine :	Qui fournit les données ? <i>1. Le ministère des finances. 2. Le commissariat au plan Pakistanais. 3. Le département des affaires économiques. 4. L'Institut pakistanais pour l'économie du développement (PIDE). 5. Le rapport économique sur la province de la frontière du nord-ouest, Banque mondiale (2005).</i>
Disponibilité et coût :	Quelles sont les conditions d'obtention des données ? <i>Demande écrite. Coût normal des copies des rapports.</i>
Type de données :	Dans quel format les données sont-elles fournies ? <i>Rapports, tableaux, graphiques.</i>
Niveau géographique :	Périmètre et échelle des données <i>National et provincial.</i>
Echelle statistique :	Quelle est l'échelle statistique des données ? <i>Métrique.</i>
Unité de mesure :	Dans quelle unité les données sont-elles fournies ? <i>% de la population.</i>
Méthode de calcul :	Quelle est la méthode utilisée pour le calcul ? <i>Enquête économique.</i>
Indicateurs d'entrée requis :	A-t-on besoin de sous-indicateurs ? Lesquels ? <i>Non applicable.</i>
Référence temporelle et fréquence de mesure :	Pour quelle(s) année(s) les données sont-elles disponibles ? <i>2011. Les données n'ont pas été publiées les 3 dernières années.</i>
Tendance projetée en l'absence d'adaptation :	Tendance de l'impact du changement climatique <i>Accroissement de la part de la population vivant sous le seuil de pauvreté.</i>
Catégories et seuils :	Quels sont les catégories et les seuils qui sont proposés ou qui ont été déterminés ? Font-elles/ils partie d'une classification standard ? <i>Sur la base du salaire minimum déterminé par le gouvernement, fixé à 10 000 RS pour une famille de 8 personnes, ce qui revient à 40 dollars RS par jour.</i>
Notation :	Quelle échelle ou quelles catégories doit-on utiliser pour l'analyse ?
Commentaires :	<i>Il n'existe pas de définition cohérente du seuil de pauvreté au Pakistan et aucune donnée réelle et directe n'est disponible.</i>

Source : ADMC et adelphi/EURAC 2014.

Accès aux services de santé

Indicateur	
Indicateur :	Nom de l'indicateur <i>Accès aux services de santé.</i>
Composante de la vulnérabilité :	Quelle composante de la vulnérabilité l'indicateur décrit-il ? <i>La capacité d'adaptation.</i>
Description (position dans la chaîne d'impact) :	Information supplémentaire pour décrire l'indicateur <i>L'accès aux services de santé dépend du nombre de centres de santé, du coût des médicaments, des services associés et de l'accessibilité financière qui dépend de la situation économique du pays.</i>
Commentaires :	<i>Il existe des centres de santé gouvernementaux dans tous les districts de la province. De même, le nombre de centres de santé privés a augmenté mais la qualité des services a diminué ce qui entraîne la récurrence des visites des patients. De plus, le coût et la qualité des services laboratoires et des médicaments sont sujets à caution, ce qui alourdit encore plus les dépenses des populations et les entraîne sous le seuil de pauvreté.</i>
Données	
Sources ou origine :	Qui fournit les données ? <i>1. Le département provincial de la santé. 2. Les enquêtes sociales et de niveau de vie. 3. Le bureau provincial des statistiques.</i>
Disponibilité et coût :	Quelles sont les conditions d'obtention des données ? <i>Demande écrite. Coût normal des copies des rapports.</i>
Type de données :	Dans quel format les données sont-elles fournies ? <i>Rapports, tableaux.</i>
Niveau géographique :	Périmètre et échelle des données <i>National, provincial, local.</i>
Echelle statistique :	Quelle est l'échelle statistique des données ? <i>Métrique.</i>
Unité de mesure :	Dans quelle unité les données sont-elles fournies ? <i>% de la population ayant accès ou non aux services de santé.</i>
Méthode de calcul :	Quelle est la méthode utilisée pour le calcul ? <i>Enquêtes et rapports de développement sur les infrastructures publiques.</i>
Indicateurs d'entrée requis :	A-t-on besoin de sous-indicateurs ? Lesquels ? <i>Non applicable.</i>
Référence temporelle et fréquence de mesure :	Pour quelle(s) année(s) les données sont-elles disponibles ? <i>Rapport d'activités annuel (2012-13). Rapport de suivi et d'évaluation annuel (2011-12).</i>
Tendance projetée en l'absence d'adaptation :	Tendance de l'impact du changement climatique <i>L'accès aux services de santé sera fortement affecté. L'augmentation de la prévalence de plusieurs types de maladies et l'accroissement démographique vont se traduire par une diminution de l'accès aux soins de santé.</i>
Catégories et seuils :	Quels sont les catégories et les seuils qui sont proposés ou qui ont été déterminés ? Font-elles/ils partie d'une classification standard ? <i>% de personnes qui sont couvertes par un centre de santé. Contrôle des maladies contagieuses / infectieuses.</i>
Notation :	Quelle échelle ou quelles catégories doit-on utiliser pour l'analyse ?
Commentaires :	<i>Il existe toute une gamme de services de santé, allant de l'allopathie à la médecine traditionnelle. Les différents types de service sont plébiscités par une large clientèle.</i>

Source : ADMC et adelphi/EURAC 2014.

Débit des rivières

Indicateur	
Indicateur :	Nom de l'indicateur <i>Débit des rivières.</i>
Composante de la vulnérabilité :	Quelle composante de la vulnérabilité l'indicateur décrit-il ? <i>L'impact.</i>
Description (position dans la chaîne d'impact) :	Information supplémentaire pour décrire l'indicateur <i>Le WAPDA est responsable des prévisions sur le débit des rivières (débit de sortie) suite aux pluies ou à la neige. Des observatoires situés dans les bassins versants enregistrent les débits d'entrée. Le WAPDA utilise un modèle stochastique par décade d'observation pour gérer / réguler l'eau d'irrigation et la prévention des inondations.</i>
Commentaires :	
Données	
Sources ou origine :	Qui fournit les données ? <i>Le WAPDA.</i>
Disponibilité et coût :	Quelles sont les conditions d'obtention des données ? <i>Un requête officielle doit être formulée auprès du WAPDA ; pas de coût.</i>
Type de données :	Dans quel format les données sont-elles fournies ? <i>Format numérique.</i>
Niveau géographique :	Périmètre et échelle des données <i>National (valeurs pour les principaux bassins versants).</i>
Echelle statistique :	Quelle est l'échelle statistique des données ? <i>Métrique.</i>
Unité de mesure :	Dans quelle unité les données sont-elles fournies ? <i>Débit en m³/sec.</i>
Méthode de calcul :	Quelle est la méthode utilisée pour le calcul ? <i>Les séries de données pluviométriques sont enregistrées sur des périodes de dix ans et sont corrélées statistiquement pour développer des modèles entrées – sorties.</i>
Indicateurs d'entrée requis :	A-t-on besoin de sous-indicateurs ? Lesquels ? <i>Pour la situation actuelle : non. Pour 2050 et 2100 : il sera nécessaire de revoir le modèle avec des nouvelles données pour les précipitations quotidiennes et l'évapotranspiration.</i>
Référence temporelle et fréquence de mesure :	Pour quelle(s) année(s) les données sont-elles disponibles ? <i>Les données sont mises à jour une fois par décennie.</i>
Tendance projetée en l'absence d'adaptation :	Tendance de l'impact du changement climatique <i>Variations saisonnières. Augmentation de la disponibilité en eau dans les premières années qui peut ralentir suite au recul des glaciers.</i>
Catégories et seuils :	Quels sont les catégories et les seuils qui sont proposés ou qui ont été déterminés ? Font-elles/ils partie d'une classification standard ?
Notation :	Quelle échelle ou quelles catégories doit-on utiliser pour l'analyse ?
Commentaires :	

Source : ADMC et adelphi/EURAC 2014.

7. Exemples d'analyses à l'aide d'indicateurs

Lors d'un atelier de travail à Bujumbura au Burundi, auquel 10 experts spécialisés dans plusieurs disciplines ont participé, les valeurs de plusieurs indicateurs ont été réparties en cinq classes, représentant des situations de très négatives à très positives. Cette répartition en classes s'est basée sur :

1. Une carte permettant de visualiser la répartition des données à travers le pays ;
2. Une question précise permettant de s'assurer que les experts évaluaient bien les indicateurs dans le contexte de l'impact en question ;
3. Des valeurs minimales et maximales relatives à chaque série de données (si approprié).

Les figures ci-dessous illustrent certains des indicateurs évalués et employés dans l'analyse de vulnérabilité du Burundi.

Exemple 1 : analyse de l'indicateur « type de culture »

Quels sont les types de cultures résistantes / non résistantes au stress hydrique

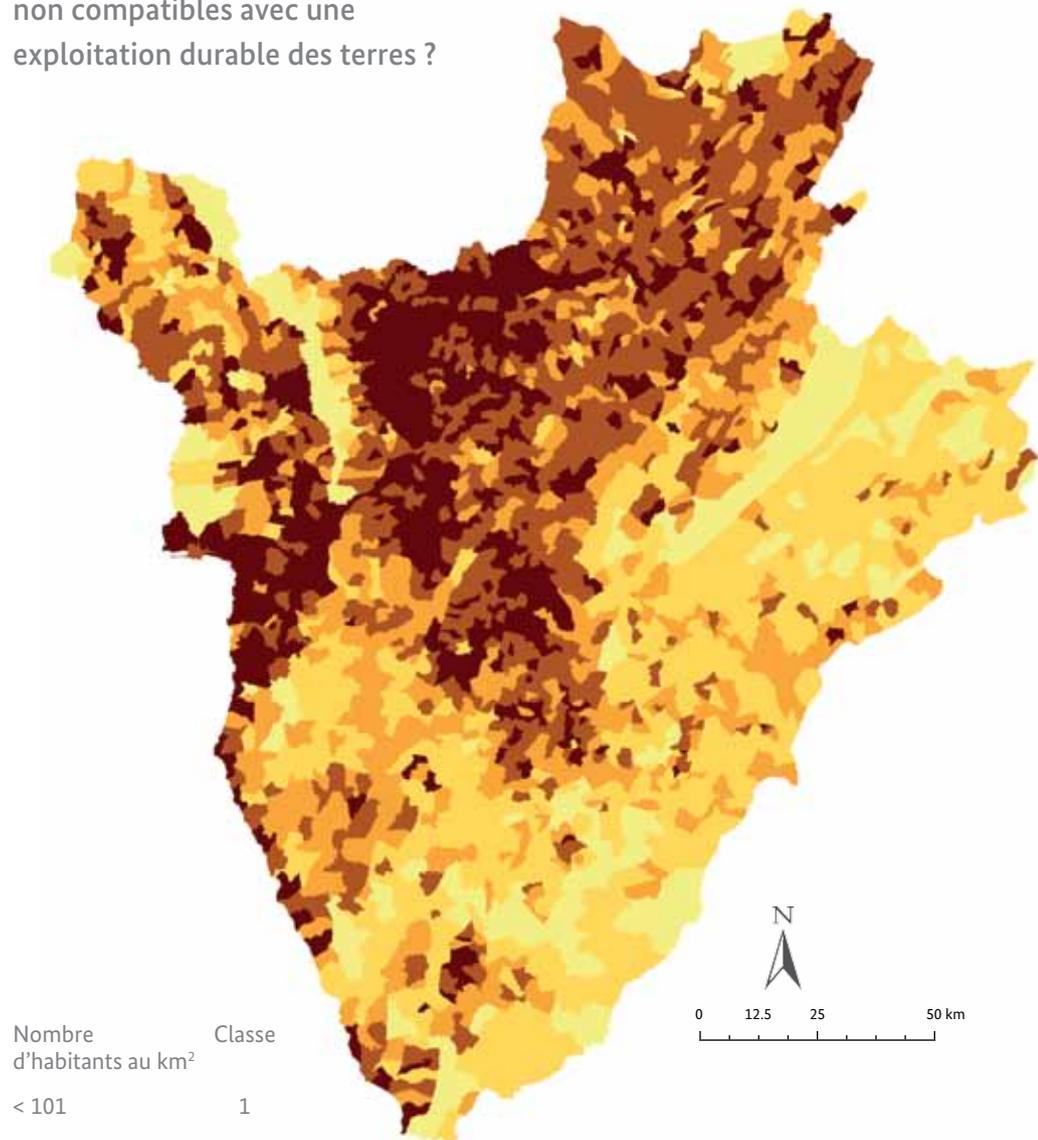
Type de culture	Classe	Type de culture	Classe
Forêt naturelle	1	Sol dégradé	1
Plantation	1	Chaines de montagnes rocheuses	1
Plantes annuelles	1	Pâturages	2
Plantes vivaces	1	Riziculture	5
Zones humides	5	Canne à sucre	5
Savane	3	Zone urbaine	4
Cours d'eau	4		

1 – très résistant / 5 – pas résistant

Source : adelphi/EURAC 2014.

Exemple 2 : analyse de l'indicateur « densité de population »

Quelle sont les densités de population compatibles /
non compatibles avec une
exploitation durable des terres ?



Nombre d'habitants au km ²	Classe
---------------------------------------	--------

< 101	1
-------	---

101 – 200	2
-----------	---

201 – 300	3
-----------	---

301 – 450	4
-----------	---

> 450	5
-------	---

1 - Compatible avec une exploitation durable /

5 - Incompatible avec une exploitation durable

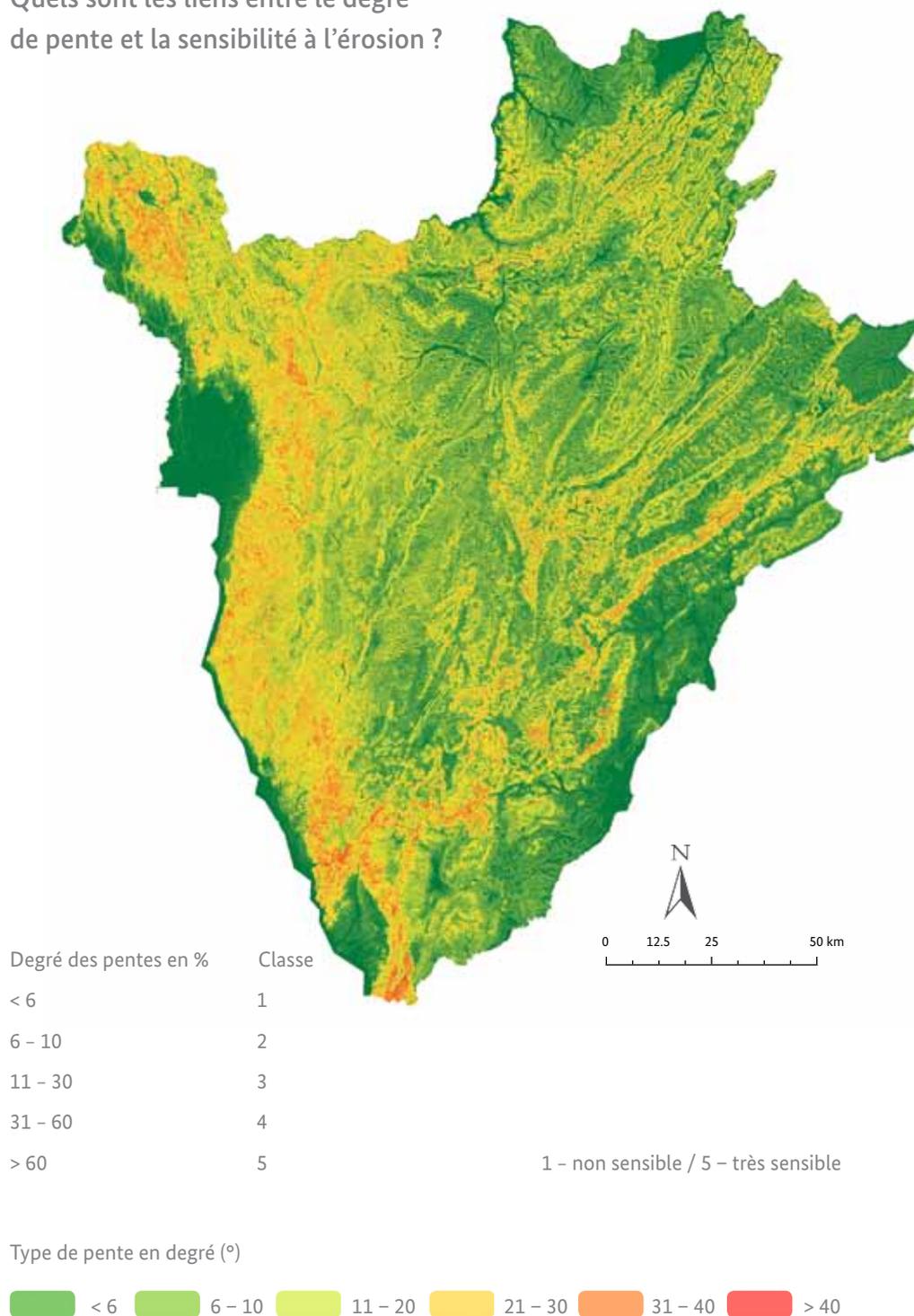
Densité de population par km², moyenne par colline

< 50	50 – 100	101 – 200	201 – 400	401 – 500	> 500
------	----------	-----------	-----------	-----------	-------

Source : adelphi/EURAC 2014.

Exemple 3 : analyse de l'indicateur « degré de pente »

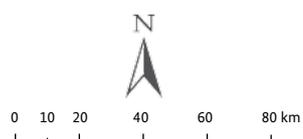
Quels sont les liens entre le degré de pente et la sensibilité à l'érosion ?



Source : adelphi/EURAC 2014.

Exemple 4 : analyse de l'indicateur « couvert végétal »

Quel type de
végétation accroît
la prévalence
des moustiques ?

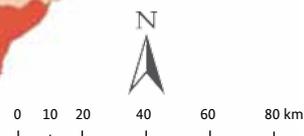
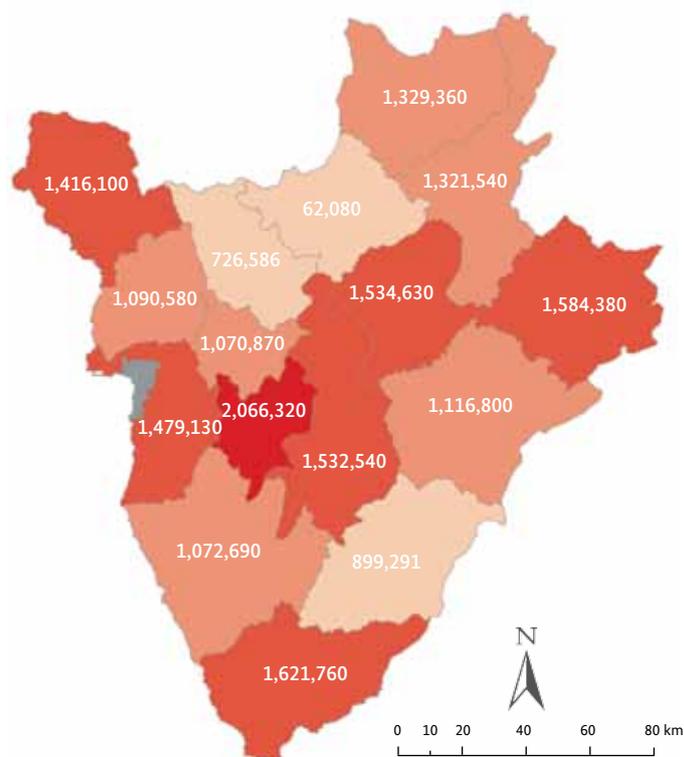
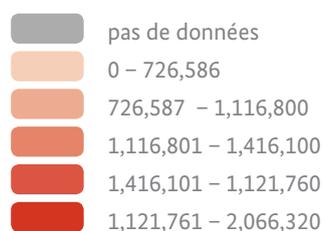


Source : adelphi/EURAC 2014.

Exemple 5 : analyse de l'indicateur « revenu des ménages »

Quel niveau
de revenu
mensuel permet
l'adaptation ?

Revenu moyen d'une famille
d'agriculteurs (FBu)



Classification : interruptions naturelles (Jenks)

Province	FBu/an	FBu/jour	Classe
Bubanza	1,090,582	3063	5
Bujumbura rural	1,479,129	4155	4
Bururi	1,072,687	3013	5
Cankuzo	1,584,383	4451	3
Cibitoke	1,416,099	3978	4
Gitega	1,532,542	4305	3
Karuzi	1,534,630	4311	3
Kayanza	726,586	2041	5
Kirundo	1,329,355	3734	4
Makamba	1,621,757	4555	3
Muramvya	1,070,867	3008	5
Muyinga	1,321,536	3712	4
Mwaro	2,066,318	5804	3
Ngozi	620,080	1742	5
Rutana	899,291	2526	5
Ruyigi	1,116,795	3137	4

1 – Permet l'adaptation / 5 – Ne permet pas l'adaptation

Source : adelphi/EURAC 2014.

8

8. Modèle pour agréger les indicateurs d'exposition, de sensibilité, de capacité d'adaptation et les composantes de la vulnérabilité

		Description du facteur	Indicateur	Echelle de mesure		Valeur observée	Valeur normalisée
				Valeur mini	Valeur maxi		
Exposition							
	Exemple	Evènements pluviométriques extrêmes	Nombre d'évènement extrêmes au cours des 5 dernières années	0	10	3	0.3
	1						0
	2						0
	3						0
	4						0
	5						0
	6						0
	7						0
	8						0
Sensibilité							
	Exemple	Déforestation	% de déforestation sur les pentes	0	100	20	0.2
	1						0
	2						0
	3						0
	4						0
	5						0
	6						0
	7						0
	8						0
Capacité d'adaptation							
	Exemple	Application des lois	Niveau de satisfaction	0	4	1	0.25
	1						0
	2						0
	3						0
	4						0
	5						0
	6						0
	7						0
	8						0

Feuille de calcul sur Excel téléchargeable sur :
<https://gc21.giz.de/ibt/var/app/wp342deP/1443/index.php/knowledge/vulnerability-assessment/vulnerability-sourcebook/>

Coefficient de pondération pour chaque indicateur	Total	IMPACT POTENTIEL	Coefficient de pondération pour l'impact potentiel	CAPACITE D'ADAPTATION	Coefficient de pondération pour la capacité d'adaptation	IMPACT SUR LA VULNERABILITE
1	0.3					
	0					
1	0.2					
	0	0	1	0	1	0
1						

Source : adelphi/EURAC 2014.

9. Modèle de plan de rapport pour une analyse de vulnérabilité

1. Introduction (cf. module 1)

- Quel est le contexte de l'AV ? (Module 1 ; étape 1)
 - Par exemple, l'AV fait-elle partie d'un processus global ? Quelles sont les institutions qui souhaitent mener l'AV ? Qui est impliqué ? Qui en seront les principaux utilisateurs ? Certaines difficultés liées aux changements climatiques sont-elles déjà identifiées ?
- Quels sont les objectifs de l'AV ? (Module 1 ; étape 2)
 - Par exemple, l'AV est-elle sensée contribuer de façon concrète au planning de l'adaptation ? Le principal objectif est-il d'identifier les points de vulnérabilité qui concernent plusieurs secteurs ? Ou bien est-il d'identifier des groupes de population particulièrement vulnérables ?
- Quel(s) sont le ou les sujet(s), les zones géographiques et la période de temps couvertes par l'AV ? (Module 1 ; étape 3)
 - En bref : qui est vulnérable (ou quel système), à quel impact du changement climatique et où ? (Par système on entend un secteur économique, des activités économiques, des tranches de populations, etc.).
 - Par exemple, quels sont les secteurs, les tranches de population, les activités économiques etc. qui sont le centre d'intérêt (focus) de l'AV ? A quels niveaux géographique ou administratif, l'AV a-t-elle lieu (par ex. au niveau des villages, des communautés, des régions, etc.) ? L'AV se concentre t'elle sur la vulnérabilité actuelle seulement ou comprend elle des prévisions sur la vulnérabilité future ?
- Comprendre la vulnérabilité et ses composantes dans le contexte de l'AV (cf. Cadre conceptuel)
 - Quelle est la compréhension de la vulnérabilité dans l'analyse ? Ici, référez-vous à l'approche de la vulnérabilité du Guide de référence, mettez en avant et expliquez les différences éventuelles avec le concept utilisé (le cas échéant).
- Parties prenantes impliquées dans la préparation et la mise en œuvre de l'AV (Module 1 ; étape 1)
 - Qui a contribué à l'AV ? Quelles sont les institutions qui ont été impliquées ? Quels acteurs de la société civile ou des communautés affectées ont été impliqués, etc. ?

2. Comprendre les impacts du changement climatique (cf. module 2)

- Quels facteurs ont-ils contribué à la vulnérabilité au changement climatique ? (spécifique au système ciblé par l'AV) (Module 2 ; étapes 1 à 4)
 - Les facteurs doivent être regroupés (selon l'approche du Guide de référence sur la

vulnérabilité) en facteurs d'exposition, de sensibilité, d'impact potentiel et de capacité d'adaptation.

- Utilisez et décrivez les chaînes d'impact comme ou outil analytique et de visualisation.
- Quelles sont les relations de cause à effet sous-jacentes ? Par exemple, comment l'exposition, la sensibilité et la capacité d'adaptation sont-elles interconnectées pour former la vulnérabilité d'un système ? (Module 2 ; étapes 1 à 4)

3. Méthode d'analyse (cf. modules 3 à 7)

- Informations clés sur le processus global de mise en œuvre de l'AV
 - Par exemple, plan de travail, temps nécessaire à la mise en œuvre, nombre de missions de terrain qui ont été conduites
- Quels indicateurs avez-vous choisi pour représenter les facteurs de vulnérabilité ? (Module 3)
 - Comment les indicateurs ont-ils été sélectionnés ? (Par exemple sur la base des chaînes d'impact en adoptant une approche participative, sur la base d'une revue documentaire ?)
 - Qu'indiquent les indicateurs ?
- Quelle est la base de données ou d'informations de l'AV ? (Module 4)
 - Quelles sont les méthodes utilisées pour quantifier les indicateurs (par ex. modèles, statistiques, enquêtes, mais aussi avis d'expert) / quelles sont les séries de données et les informations utilisées ?
 - Quelles ont été les difficultés rencontrées par rapport aux données et comment ces difficultés ont-elles été surmontées ?
- Comment les données sont-elles normalisées ? (Module 5)
 - Précisez la technique de normalisation employée (par ex. normalisation min-max)
- Quels sont les seuils établis pour les indicateurs ? (Module 5)
 - Comment les seuils ont-ils été établis ? Il peut s'agir par exemple d'avis d'expert ou de seuils issus de la documentation existante.
- Comment les indicateurs ont-ils été pondérés ? (Module 6)
 - Précisez si les coefficients de pondération attribués sont égaux ou différents (attention au fait qu'attribuer le même poids constitue aussi une pondération)
 - Expliquez la méthode utilisée pour la pondération, par ex. l'utilisation d'une approche participative basée sur les avis d'experts ou une revue documentaire.
- Quelles sont les règles d'agrégation employées au niveau des composantes de la vulnérabilité (par ex. l'agrégation arithmétique comme cela est recommandé par le Guide de référence sur la vulnérabilité) ? (Module 6)
- Quelles est la règle d'agrégation employée pour calculer la vulnérabilité à partir de ses composantes ? (Module 7)

4. Résultats de l'AV (cf. module 8)

- Quels sont les résultats essentiels de l'AV en relation avec son objectif ?
- Quelles recommandations peut-on tirer de ces résultats ?
 - Par ex. en termes de planification de l'adaptation, de stratégie de développement ou de secteurs prioritaire pour lancer des actions.
- Quelles sont les leçons apprises essentielles de la mise en œuvre de l'AV ?
 - Quelles sont les limites et les opportunités de l'analyse ?
 - Quels conseils peut-on prodiguer à ceux qui seront en charge de conduire un AV dans le cadre d'un processus similaire ?

5. Annexe

- Les documents clefs et les fichiers utilisés pour la mise en œuvre, par exemple la documentation des ateliers de travail, les comptes rendus d'interview, les questionnaires utilisés, les tableaux et les cartes qui ont été élaborés.
- La liste des données utilisées, y compris les métadonnées (voir un modèle de fiche de renseignement ci-dessus).
- Des informations contextuelles et des documents supplémentaires.

10. Mise en œuvre du Guide de référence sur la vulnérabilité : l'analyse de vulnérabilité de Khyber Pakhtunkhwa au Pakistan

Participants à l'analyse de vulnérabilité au Pakistan



Source : adelphi/EURAC 2014.

adelphi

Dr. Philip Bubeck
Chef de Projet
adelphi consult GmbH

EURAC.research

Dr. Marc Zebisch
Directeur de l'Institut pour la télédétection
(Institute for Applied Remote Sensing)
EURAC research

Table des matières :

Contexte de l'analyse de vulnérabilité	36
Mettre en œuvre le Guide de référence sur la vulnérabilité au Pakistan	37
Préparer l'analyse de vulnérabilité (Module 1)	38
Comprendre le contexte de l'analyse de vulnérabilité (Module 1 ; étape 1)	38
Objectif de l'analyse de vulnérabilité (Module 1 ; étape 2)	43
Déterminer le périmètre de l'analyse de vulnérabilité (Module 1 ; étape 3)	44
Développer une chaîne d'impact (Module 2)	47
Identification des indicateurs et méthodes de quantification (Modules 3 à 5)	49
Agréger les indicateurs et les composantes de la vulnérabilité (Modules 6 et 7)	53
Résultats stratégiques de l'analyse de vulnérabilité	55
Principales conclusions, recommandations et prochaines étapes (Module 8)	55
Leçons apprises	56
Annexe	57

Contexte de l'analyse de vulnérabilité

Le Pakistan est un pays unique du point de vue écologique et l'un des hauts lieux de la biodiversité à l'échelle mondiale. Il abrite de nombreuses variétés d'espèces endémiques et présente une grande richesse au niveau de la diversité des cultures autochtones avec environ 3000 taxons et plantes cultivées.

Les écosystèmes et leur biodiversité sont non seulement écologiquement importants, mais ils jouent également un rôle essentiel pour le développement économique. Les écosystèmes et les services qu'ils fournissent à l'homme sont essentiels pour plus de 3,5 millions de personnes vivant dans la province de Khyber Pakhtunkhwa. Cependant, ces ressources sont gravement menacées par des facteurs anthropiques comme la surexploitation des ressources naturelles, renforcée par la croissance démographique ainsi que l'afflux de réfugiés et de personnes déplacées. En outre, les risques naturels et les effets néfastes du changement climatique, tels que les fortes chutes de pluie, les inondations et les tremblements de terre affectent considérablement les moyens de subsistance dans la province. Les impacts du changement climatique sur les conditions de vie de la population et la perte de biodiversité ont aussi été reconnus par le gouvernement pakistanais et sont perçus comme une menace pour le développement économique et social national.

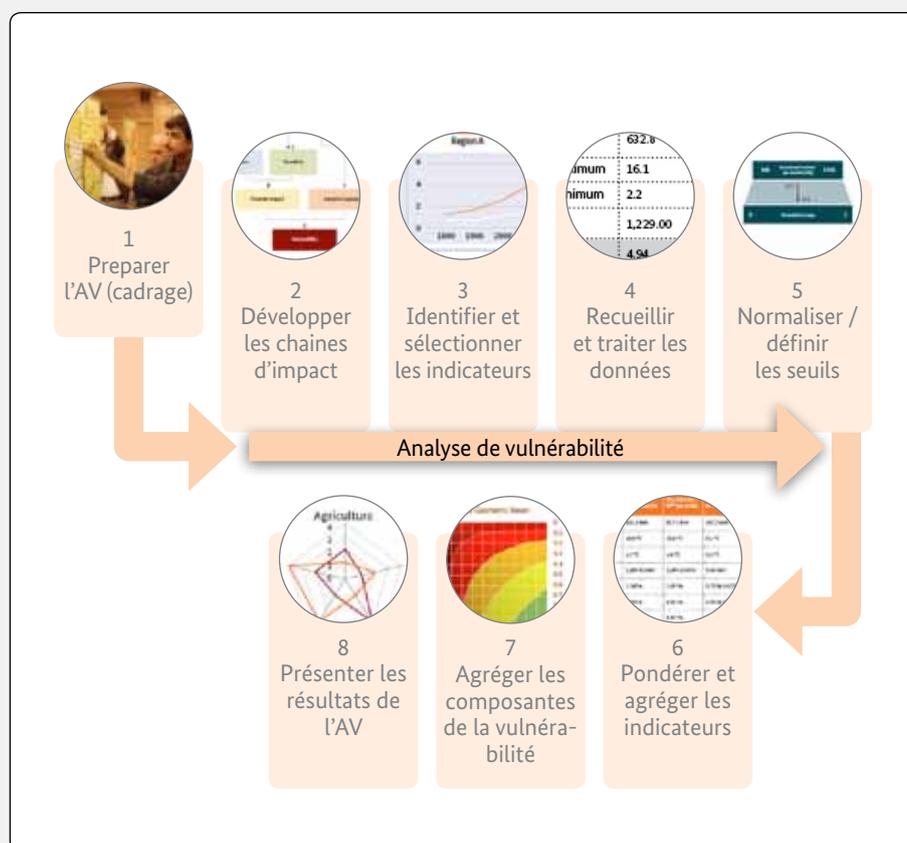
Dans ce contexte, la GIZ met actuellement en œuvre le projet « Conservation et gestion durable de la biodiversité dans le Khyber Pakhtunkhwa (BKP) », au nom du Ministère fédéral de la Coopération économique et du Développement (BMZ). Le projet vise à améliorer

la capacité du gouvernement de Khyber Pakhtunkhwa à considérer la biodiversité (l'agro-biodiversité) comme un élément essentiel du développement de politiques durables. En outre, il comprend l'identification et la mise en œuvre de mesures d'adaptation au changement climatique basées sur les écosystèmes et portées par la collectivité. Le projet se concentre spécifiquement sur les deux districts de Swat et de Chitral, où la mise en œuvre de mesures pilotes et les meilleures pratiques doivent bénéficier directement aux communautés locales.

Mettre en œuvre le Guide de référence sur la vulnérabilité au Pakistan

Une analyse de la vulnérabilité exploratoire a été conduite et a permis d'analyser la vulnérabilité climatique de Swat et de Chitral de façon standardisée. L'objectif de l'AV dans les deux districts était de (a) sensibiliser, (b) identifier les mesures d'adaptation appropriées au niveau communautaire, suivre et évaluer leur efficacité et (c) fournir des conseils stratégiques. L'analyse a principalement suivi les modules présentés dans le Guide de référence sur la vulnérabilité qui sont décrits plus en détail dans les sections suivantes (voir aussi la figure 1).

Figure 1 : Les huit modules de l'analyse de vulnérabilité selon le Guide de référence sur la vulnérabilité



Source : adelphi/EURAC 2014.

Le cadrage de l'AV a été réalisé lors d'un atelier d'une durée de 3 jours avec les parties prenantes en décembre à Islamabad, et qui s'est déroulé en deux temps. Pendant le premier jour et demi, le concept du Guide de référence sur la vulnérabilité a été présenté à un large panel d'environ 35 intervenants au niveau national, provincial et du district. Ce temps a également permis de recueillir l'expertise de ces intervenants sur la vulnérabilité au changement climatique et sur les sources de données potentielles pour conduire une telle évaluation. Au cours des deux derniers jours, les équipes de mise en œuvre et le personnel du projet BKP ont préparé ensemble le cadrage de l'AV pour les deux zones pilotes. Les équipes de mise en œuvre étaient constituées d'experts agricoles et de forestiers provenant des administrations des districts. Celles-ci ont été chargées d'effectuer des AV exploratoires complémentaires avec les communautés locales dans la vallée de Swat et Chitral suite à la tenue de l'atelier, et de contrôler la mise en œuvre des mesures d'adaptation identifiées.

Préparer l'analyse de vulnérabilité (Module 1)

Conformément au module 1 du Guide de référence sur la vulnérabilité, le cadrage de l'analyse de vulnérabilité a été préparé en évaluant le contexte de l'analyse, en définissant ses objectifs et en prenant les décisions clefs concernant la portée et les domaines choisis pour l'AV.

Afin d'acquérir une compréhension solide du contexte de mise en œuvre de l'AV, il a été demandé à un consultant local de préparer à l'avance l'étude de cadrage. Cette étude a apporté des informations sur les zones de l'étude de cas, à savoir Chitral et Swat, et sur leurs vulnérabilités climatiques. L'étude a en plus couvert les activités existantes liées à l'adaptation et la vulnérabilité et a réalisé une première identification des sources de données potentielles et de leur accessibilité. Au total environ 30 personnes jours ont été impliquées dans le cadrage de l'étude pour construire les fondations de l'analyse de vulnérabilité. Cet apport s'est révélé très utile au moment de l'atelier de travail et ultérieurement dans la conduite de l'AV.

Lors de l'atelier, les caractéristiques essentielles de l'AV au Pakistan ont continué à être définies conjointement par les équipes de mise en œuvre des zones de Swat et de Chitral et le personnel du projet de la GIZ. Celles-ci ont porté sur la définition de l'objectif de l'AV, de son échelle géographique et temporelle, du groupe de référence, de l'approche méthodologique, des ressources nécessaires, des partenaires et des parties prenantes, ainsi que des sujets clefs.

Comprendre le contexte de l'analyse de vulnérabilité (Module 1 ; étape 1)

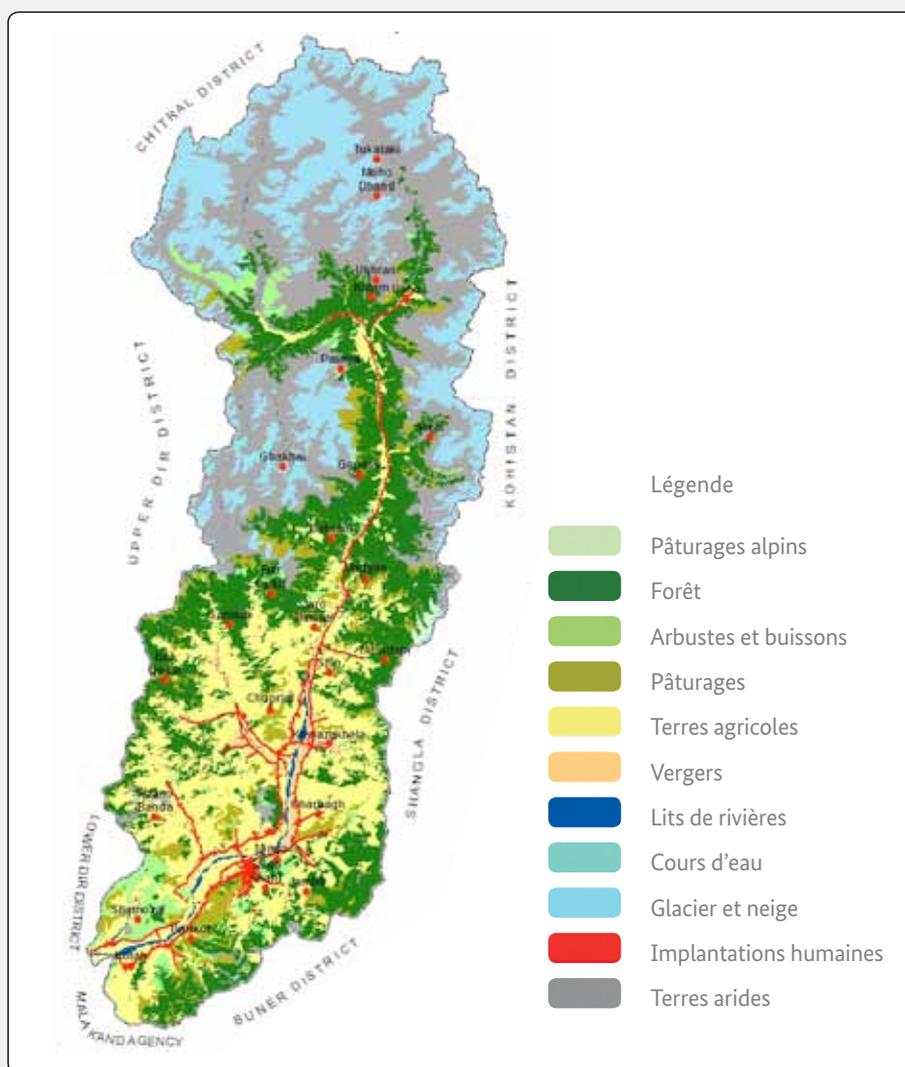
Zones de l'étude de cas

Le district de Swat (cf. figure 2) peut être scindé entre le bas Swat et le haut Swat. Le bas Swat est affecté par les moussons et présente un climat subtropical tempéré. Des cultures de toutes sortes, en particulier des légumes et des fruits y sont cultivées. Cette région du Swat est connue pour la bonne qualité de ses noix qui sont particulièrement bien adaptées à l'agriculture commerciale. Avec l'introduction de nouvelles

espèces destinées exclusivement à la commercialisation, on peut craindre l'extinction d'espèces indigènes. En plus, il existe de plus en plus d'inquiétude vis à vis de nouvelles maladies et de nuisibles (en particulier les mouches des fruits). Ces deux évolutions sont également en partie causées par le changement des conditions climatiques comme des températures plus douces.

En revanche, le haut Swat qui est constitué principalement de chaînes de montagne élevées et de vallées isolées, présente une biodiversité riche. Il s'agit d'une région sèche qui reçoit surtout des pluies hivernales car elle est protégée des moussons par les montages du Pamir. Dans le haut Swat l'agriculture est essentiellement vivrière en plus de la culture de légumes (production hors saison) et la région est aussi connue comme territoire de chasse au trophée. Les deux régions présentent des différences considérables au niveau de leurs caractéristiques topologiques, météorologiques et par conséquent biologiques. Elles partagent également des points communs, le plus remarquable étant la baisse des rendements, un changement des modèles cultureux et la propagation des espèces envahissantes.

Figure 2 : Le district de Swat



Source : adelphi/EURAC 2014.

Enfin, il est important de noter que les deux régions du Swat comprennent un grand nombre de rivières, d'affluents et de réservoirs d'eau issus de la fonte des neiges, qui ont été responsables de plusieurs crues soudaines au cours des dernières années, entraînant des craintes face à l'érosion et aux dommages de plus en plus importants causés par les inondations. Le risque d'inondation pourrait être renforcé en raison de l'évolution dans la configuration des précipitations ainsi que de changements anthropiques d'affectation des terres.

Chitral est une vallée de haute altitude, frontalière de l'Afghanistan. Il s'agit d'une des zones les plus reculées du Pakistan et presque inaccessible en hiver. À l'exception d'une autoroute, ses routes sont fermées en hiver, isolant la vallée par rapport à l'extérieur. Célèbre pour sa faune, la région de Chitral est riche en biodiversité mais comparativement pauvre au niveau économique. L'économie dépend de l'agriculture vivrière et de la chasse aux trophées. 9% de sa surface est couverte de forêts (une forêt de chênes célèbre se trouve dans la vallée de Chitral) ce qui représente un cinquième des forêts de toute la province de Khyber Pakhtunkhwa. Ces forêts fournissent un habitat à une riche diversité d'espèces indigènes.

.....
Figure 3 : Expert régional montrant des pentes raides marquées par la déforestation et des cultures inadaptées ce qui les rend sujettes à l'érosion



.....
Source : adelphi/EURAC 2014.

Les parties basses du district de Chitral ne reçoivent qu'une fraction des pluies de la mousson ce qui rend la partie nord de la zone très sèche. Les modèles cultureaux pratiqués sont la monoculture dans la zone de Buni / Booni et la double-culture au sud de cette zone, dans une plaine inondable et fertile sur les rives de la rivière Mastuj. Certaines zones localisées du district de Chitral sont adaptées à la culture des légumes d'hiver, mais il s'agit d'une agriculture à petite échelle (0,5 hectare/ménage) prédominante dans le district, avec également des surfaces consacrées à la production fruitière en particulier de poires et de noix. La faible densité de population, la rareté des terres arables

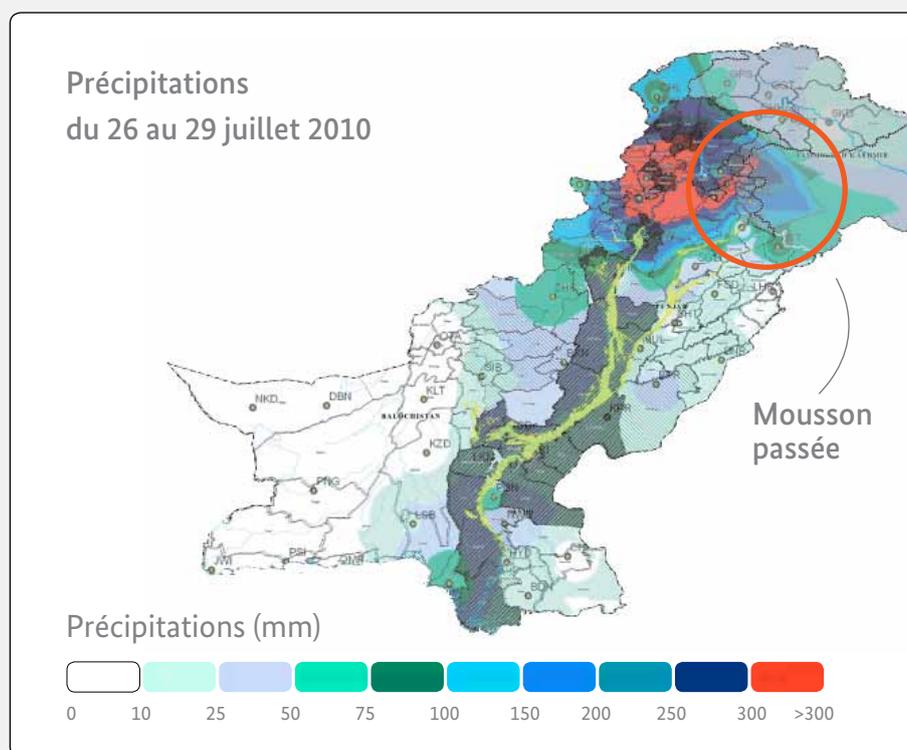
et les conditions de travail difficiles font de Chitral une zone touchée par une pauvreté élevée et dominée par les propriétaires terriens. Les coûts élevés de transport expliquent en grande partie que la production agricole soit peut orientée vers l'exportation. Chitral peut donc être considérée comme une région de forte insécurité alimentaire, en particulier en raison des fermetures saisonnières des routes et des tunnels. La déforestation et la culture des plantes inappropriées constituent une menace supplémentaire pour l'écosystème, menace accentuée par le changement climatique et rendant le besoin d'adaptation encore plus important (cf. figure 3). De plus, le district de Chitral subit des glissements de terrain, l'érosion et la dégradation des sols, qui constituent une menace pour les écosystèmes et les fermiers qui pratiquent une agriculture vivrière.

Vulnérabilités climatiques

Conformément à la terminologie du Guide de référence sur la vulnérabilité, la vulnérabilité climatique a été évaluée par rapport à l'exposition, la sensibilité et la capacité d'adaptation, pour obtenir une meilleure compréhension de la zone étudiée.

En termes d'exposition, une augmentation de la température d'environ 0,06°C par décennie a été observée au Pakistan, au cours du siècle dernier, avec une accélération accrue au cours des dernières décennies. Il semble que le régime pluviométrique ait également évolué, comme l'indiquent les pluies de fin d'hiver, les fortes chutes de neige et des changements du régime des moussons. En effet, au cours des 60 dernières années, les moussons se sont déplacées d'environ 80 à 100 km du nord-ouest vers le nord-est du pays (cf. figure 4).

Figure 4 : Déplacement de la mousson au Pakistan, sur la base de l'observation des 60 dernières années



Source : Département météorologique du Pakistan.

Diverses études menées par le Centre d'études sur l'impact des changements mondiaux (*Global Change Impact Studies Centre - GCISC*) et le Département météorologique du Pakistan (PMD) indiquent que les températures dans les zones de montagne augmentent à un rythme plus rapide que dans les autres régions du pays. Cette évolution peut être perçue comme opportunité plutôt qu'une menace, car ces zones étant froides, toute augmentation de la température sera bénéfique pour améliorer la productivité de l'agriculture et la croissance de la végétation. Cependant, l'augmentation des températures pourrait entraîner le déplacement des conifères vers le nord et leur remplacement éventuel par la propagation d'espèces envahissantes et à croissance rapide qui peut mettre en danger la biodiversité. En même temps, on prévoit une évolution du régime pluviométrique avec des moussons plus intenses et des chutes de neige provoquant des risques dont l'érosion des sols, des inondations soudaines, des avalanches et des crues éclair provoquées par les vidanges brutales de lacs glaciaires (rupture de barrage glaciaire ou débâcle glaciaire). La fréquence des catastrophes hydrométéorologiques a déjà augmenté au Pakistan, en particulier dans les régions montagneuses, qui sont fragiles et inaccessibles, et sous la pression croissante due à l'augmentation de la population et des pratiques agricoles non durables. Ainsi les communautés habitant dans les montagnes souffrent déjà à l'heure actuelle de risques climatiques élevés.

Figure 5 : Glissement de terrain et érosion du sol dans la zone de l'étude de cas



Source : GIZ 2013.

En termes de sensibilité, le pays a souffert d'une réduction d'environ 25% de ses forêts au cours des deux dernières décennies, surtout dans les zones de montagne, ce qui aggrave le problème de l'érosion des sols (cf. figure 5). De plus, on constate une diminution continue de la fertilité des sols en raison de l'érosion de surface et du ravinement causés par les fortes pluies et d'autres événements provoquant l'extinction d'espèces auxiliaires, de l'habitat et de la productivité des terres agricoles. Cette tendance à la dégradation globale des ressources naturelles n'affecte pas seulement les

moyens de subsistance des personnes pauvres qui en dépendent, mais pose aussi de sérieuses menaces environnementales aux écosystèmes de montagne.

Alors que le Pakistan est fortement affecté par les impacts du changement climatique, il a une faible capacité d'adaptation en raison de sa forte dépendance à l'égard des ressources naturelles qui se sont largement dégradées et dont la capacité de charge a diminué au cours des années. De plus, la majorité des pauvres en milieu rural habite dans des zones fortement vulnérables, les mécanismes traditionnels de survie sont souvent devenus inefficaces en raison de l'évolution des conditions climatiques, les exploitations sont petites et les montagnards manquent de sources alternatives de revenus. La multiplication des crues soudaines a continué de détériorer la base de leurs ressources. En outre, peu de ressources sont allouées à la recherche et la vulgarisation des aspects liés au climat, et les capacités institutionnelles pour faire face aux défis associés sont faibles. Tous ces aspects se révèlent particulièrement vrais pour les zones de montagne telles que Swat et Chitral.

Ressources

Les ressources suivantes ont été allouées pour la préparation et la mise en œuvre de l'AV au Pakistan (deuxième partie de l'atelier). Au cours de l'atelier impliquant les parties prenantes à Islamabad, le cadrage de l'analyse de vulnérabilité ainsi que sa mise en œuvre dans les deux régions pilotes ont été préparés. Les participants comprenaient des agents de développement rural et des conseillers techniques de la GIZ BKP. De plus, un consultant local et deux consultants internationaux d'Adelphi et EURAC ont été impliqués.

Suite à l'atelier, des AV exploratoires supplémentaires ont été conduites sur une période de trois à quatre mois dans les régions pilotes, afin de se concentrer sur des sujets supplémentaires liés à la biodiversité. Les équipes de mise en œuvre chargées de conduire l'AV, qui avaient également participé à l'atelier, comportaient 16 membres d'équipe, dont les conseillers techniques de l'équipe du projet GIZ BKP ainsi que des experts techniques des autorités et des institutions locales. De plus, un consultant local et deux experts internationaux de Adelphi / EURAC ont apporté un soutien au projet. Le calendrier général pour les enquêtes sur le terrain avait été estimé à environ deux jours par vallée. Il est prévu d'évaluer le succès des mesures mises en œuvre dans deux à trois ans soit à la fin du projet BKP, en répétant l'analyse de vulnérabilité en fin de projet.

Objectif de l'analyse de vulnérabilité (Module 1 ; étape 2)

L'objectif de l'AV dans les deux districts était de (a) sensibiliser, (b) identifier les mesures d'adaptation appropriées au niveau communautaire, suivre et évaluer leur efficacité et (c) prodiguer des conseils stratégiques : Les objectifs généraux de l'AV sont le produit à la fois des objectifs déterminés par le projet et d'un accord entre les acteurs impliqués, qui a été obtenu au cours de l'atelier de travail.

a)

La sensibilisation était le tout premier objectif car il a servi de base pour la poursuite des mesures d'adaptation. L'objectif était que les intervenants comprennent que la vulnérabilité au changement climatique pouvait se manifester à plusieurs niveaux et de différentes façons au sein de la zone du projet BKP, et en particulier au niveau des questions de biodiversité.

b)

Les thèmes choisis pour l'AV étaient étroitement liés à la nécessité de sensibilisation sur les vulnérabilités au changement climatique. En effet, l'AV a été utilisée pour identifier les mesures d'adaptation appropriées avec les parties prenantes, les experts, les représentants des districts et le personnel du projet BKP. Réitérer l'AV en fin du projet BKP devait donc également servir à suivre et évaluer l'efficacité de l'adaptation.

c)

Une attention particulière a été accordée à la formulation de conseils stratégiques concrets à l'attention des autorités locales et des représentants des habitants concernés par l'étude. L'objectif principal était d'identifier des pistes pertinentes d'adaptation au changement climatique, qui puissent être proposées dans le Plan d'action pour le renforcement des capacités en matière de biodiversité, et soutenir les mesures d'adaptation spécifiques.

Déterminer le périmètre de l'analyse de vulnérabilité (Module 1 ; étape 3)

Sélection des thèmes clés

Les facteurs les plus importants influant sur les quatre composantes de la vulnérabilité - exposition, sensibilité, impact et capacité d'adaptation - ont été exposés lors de la présentation de l'étude de cadrage.

Ces facteurs ont été notés sur des cartes puis épinglés sur des tableaux et présentés aux participants à l'atelier, qui ont ensuite été invités à ajouter des facteurs supplémentaires (cf. figure 6).

Figure 6 : Résultats d'une session de travail participative



Source : adelphi/EURAC 2014.

Cette longue énumération des impacts possibles a servi de base de travail aux participants à l'atelier qui ont ensuite été invités à identifier les principaux impacts pour les deux zones de l'étude de cas. Pour ce faire, chaque participant a reçu trois gommettes rouges lui permettant d'identifier les impacts prioritaires pour le district de Swat et trois gommettes bleues pour identifier les impacts prioritaires pour le district de Chitral (cf. figure 7.) Cet exercice a abouti à l'identification des principaux impacts suivants (voir aussi la figure 8) :

- Dégradation des terres : érosion, glissements de terrain, inondations soudaines
- Agriculture : évolution des rendements (+ et -), évolution dans le fourrage pour le bétail, opportunités de nouvelles cultures en raison des changements climatiques
- Effets indirects du changement climatique sur la population et sur les comportements : migrations climatiques dans les districts de Swat / Chitral, augmentation des besoins en bois de chauffage, déplacement des inondations dans les plaines vers les pentes en raison du risque croissant d'inondations
- Ecosystèmes : évolution des écosystèmes, espèces envahissantes, réduction des espèces autochtones, évolution de la richesse en espèces
- Eau : sécheresses saisonnières, sécheresses critiques

Figure 7 : Les participants évaluent les conséquences financières des impacts climatiques



Source : adelphi/EURAC 2014.

Figure 8 : Résultat de la sélection d'impacts potentiels à prendre en compte dans l'analyse de vulnérabilité



Source : adelphi/EURAC 2014.

Echelles géographiques et temporelles et groupes de référence

Comme mentionné précédemment, l'AV a porté sur des communautés (des vallées) au niveau local dans deux districts pakistanais. Lors de l'atelier, les participants se sont concentrés sur deux vallées pilotes, l'une dans le district de Swat et l'autre dans celui de Chitral. Deux à trois communautés (correspondant chacune à une vallée) dans chaque district ont été étudiées lors des AV complémentaires effectuées par les équipes de mise en œuvre après l'atelier. Il a également été décidé que la portée temporelle de l'AV couvrirait la vulnérabilité actuelle et prendrait ainsi en compte les données climatiques des 30 dernières années. La population totale de la vallée / des villages respectifs a été déterminée comme le groupe de référence bien que des sous-groupes et des aspects liés au genre fussent également être pris en compte.

Approche méthodologique

Compte tenu de l'objectif de l'AV, de son calendrier et des ressources disponibles, il a été décidé de mettre en œuvre une AV exploratoire s'appuyant principalement sur les avis d'experts et des approches participatives, c'est pourquoi on a eu recours à l'expertise des parties prenantes participantes lors de l'atelier. Lors de la mise en œuvre ultérieure des AV exploratoires additionnelles dans les vallées de pilotes, les questionnaires et les techniques d'évaluation participative en milieu rural tels que les réunions de village et les groupes de discussion ont été utilisés, en incluant lorsque cela était possible les données de recensement disponibles ainsi que des données spatiales (telles que des cartes sur l'utilisation des terres ou des cartes pédologiques).

Développer une chaîne d'impact (Module 2)

Conformément au Module 2 du Guide de référence sur la vulnérabilité, des chaînes impact ont été utilisées pour développer et structurer les relations de cause à effet entre la vulnérabilité et l'érosion du sol dans les deux régions pilotes. Les chaînes d'impact ont également été utilisées comme base de réflexion collective sur les mesures d'adaptation possibles.

Au cours de la seconde partie de l'atelier, une chaîne d'impact a été développée pour l'un des impacts prioritaires : la vulnérabilité à la dégradation des terres, l'érosion et les glissements de terrain. Comme décrit dans le Guide de référence sur la vulnérabilité, les chaînes d'impact sont utilisées pour systématiser les facteurs supposés affecter la vulnérabilité d'un système pour visualiser les relations de cause à effet. Par conséquent, tous les facteurs qui ont contribué aux différentes composantes de la vulnérabilité (exposition, sensibilité, capacité d'adaptation) ont été identifiés et systématiquement ordonnés en termes de relations de cause à effet, comme décrit dans les étapes 1 à 4 du module 2 du Guide de référence.

Nous avons à nouveau suivi une procédure par étapes. A partir de l'impact potentiel, les différents facteurs d'exposition, la sensibilité et la capacité d'adaptation contribuant à la vulnérabilité face à l'érosion des sols ont été discutés avec les équipes de mise en œuvre. Les connaissances des experts, le savoir-faire spécifique et les points de vue des parties prenantes se sont avérées être un atout inestimable. La figure 9 représente la chaîne d'impact consécutivement développée pour la vulnérabilité à l'érosion des sols, aux glissements de terrain et à la dégradation des terres. L'exposition est lié au facteur « Evénements pluviométriques irréguliers mais intenses ». La sensibilité à l'érosion des sols a été jugée influencée principalement par les facteurs « déforestation », « surpâturage », « culture inadaptée des pentes raides » et « type de sol ». La capacité d'adaptation a été définie par les facteurs « gestion des terres effectivement mise en œuvre », « forte dépendance aux ressources naturelles », « petites exploitations » et « connaissance de la bonne gestion des terres par les fermiers ».

Exercice de réflexion collective sur les mesures d'adaptation (Module 2 ; étape 5)

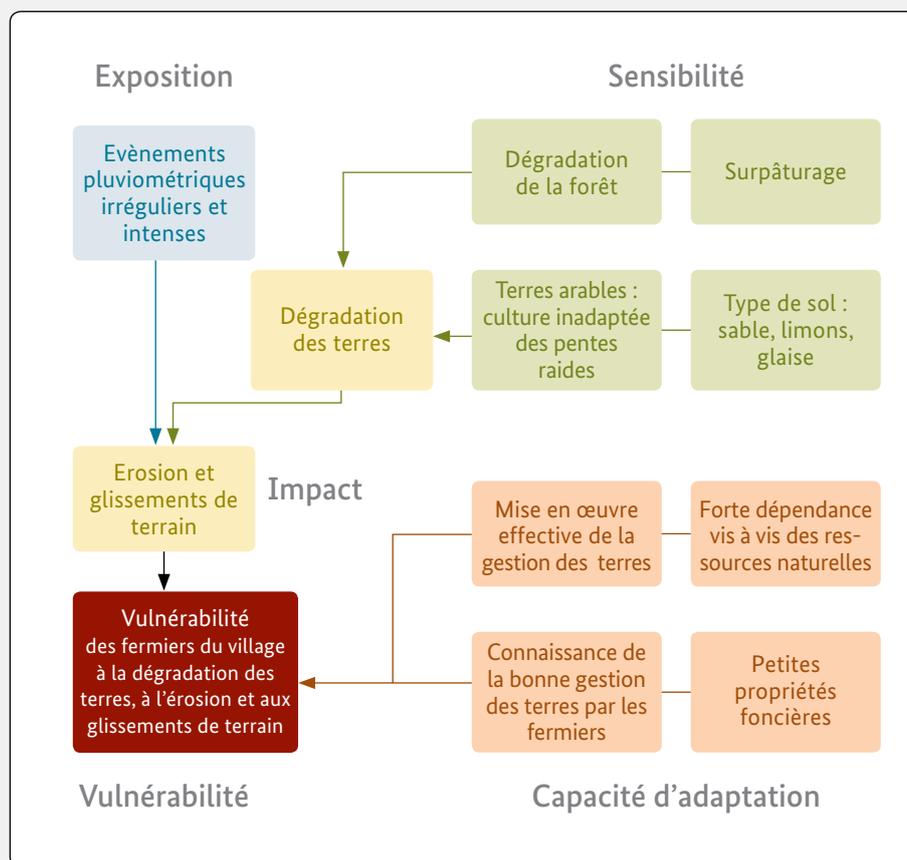
Les chaînes d'impact sont déjà un résultat important d'une analyse de vulnérabilité, car elles représentent un modèle conceptuel de toutes les relations importantes identifiées et permettent déjà la planification de l'adaptation et la sensibilisation. Les options d'adaptation peuvent soit diminuer la sensibilité soit augmenter la capacité d'adaptation. Dans notre cas, les participants ont réfléchi sur les mesures d'adaptation qui pourraient réduire la déforestation et les cultures inappropriées, ou améliorer l'application de la loi et / ou les connaissances de la bonne gestion des terres par les agriculteurs. A la suite de quoi ils ont proposé les options d'adaptation suivantes pour diminuer les facteurs de sensibilité :

- Forêt / déforestation : reboisement avec des essences indigènes
- Pâturage /surpâturage : gestion des pâturages afin de les restreindre
- Culture inappropriée des pentes raides : planter des cultures adaptées comme la rhubarbe sauvage

Les solutions proposées pour renforcer la capacité d'adaptation consistaient à former les agriculteurs, prodiguer des conseils stratégiques, diffuser des émissions sur la ges-

tion des terres sur les radios écoutées par les fermiers, ainsi que de faire des sermons sur la biodiversité dans les mosquées lors des prières du vendredi. Les propositions issues de l'exercice de réflexion collective lors de l'atelier ont été réalisées à l'aide de Metaplan et sont illustrées dans la figure 10.

Figure 9 : Chaîne d'impact de la vulnérabilité à « la dégradation des terres, l'érosion et les glissements de terrain »



Source : adelphi/EURAC 2014.

Figure 10 : Propositions issues de l'exercice de réflexion collective (brainstorm) sur les options d'adaptation pour réduire les facteurs de sensibilité (à gauche) et accroître la capacité d'adaptation (à droite) à la vulnérabilité à l'érosion des sols



Source : adelphi/EURAC 2014.

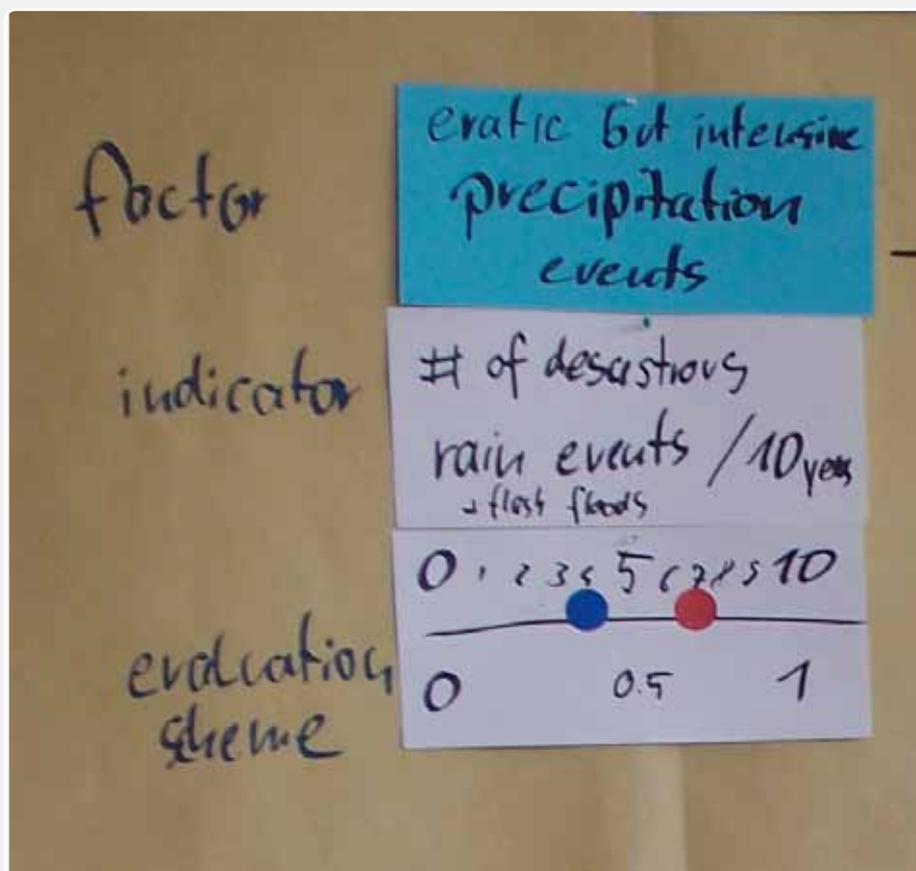
Identification des indicateurs et méthodes de quantification (Modules 3 à 5)

Conformément au module 3 du Guide de référence sur la vulnérabilité, le développement des chaînes d'impact a permis la sélection d'indicateurs et la préparation des données sur les indicateurs selon les méthodes décrites dans le module 4.

Sélectionner des indicateurs pour les trois composantes de la vulnérabilité (Module 3 ; étapes 1 à 4)

L'étape suivante a consisté à identifier les indicateurs appropriés pour quantifier les facteurs de la chaîne d'impact (cf. figure 11). Cette fois encore, cette étape a été réalisée par le biais d'une consultation étroite avec les équipes de mise en œuvre. Il a d'ailleurs été décidé de développer des indicateurs seulement pour les deux facteurs les plus importants au niveau de la sensibilité (déforestation / culture inadaptée) et la capacité d'adaptation (application de la loi / connaissances des agriculteurs). Il a été estimé que ces deux facteurs reflétaient suffisamment bien respectivement la sensibilité à l'érosion des sols et la capacité d'adaptation à cette érosion.

Figure 11 : Exemple de facteur d'exposition, d'indicateur adéquat et de système d'évaluation



Source : adelphi/EURAC 2014.

Lors de la sélection des indicateurs, il a été gardé à l'esprit que la quantification ayant été faite par des experts ou engendrée par des approches participatives, il était donc nécessaire de formuler ces indicateurs d'une manière simple et complète. Les indicateurs suivants ont été identifiés et approuvés par les participants à l'atelier (cf. figure 12) :

Exposition :

- # jours avec des pluies désastreuses durant les 10 dernières années

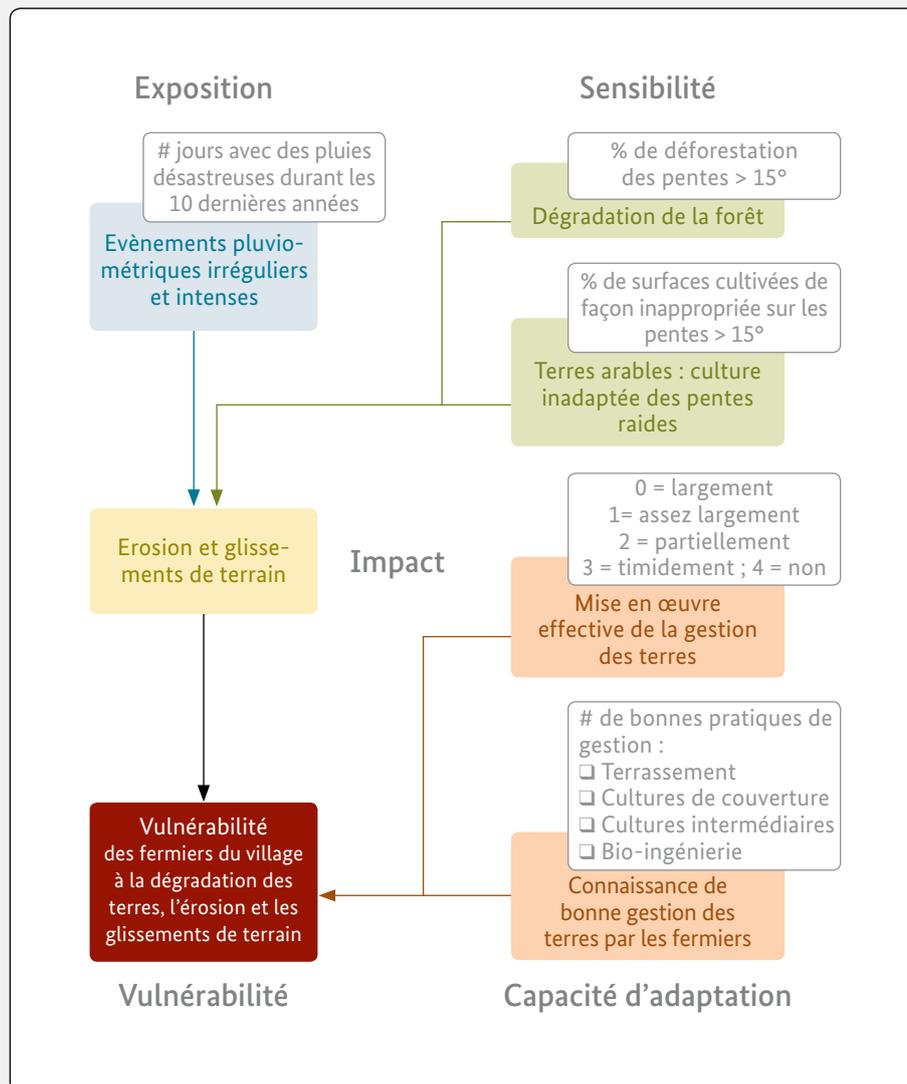
Sensibilité :

- % de déforestation des pentes > 15°
- % de surfaces cultivées de façon inappropriée sur les pentes > 15°

Capacité d'adaptation :

- Satisfaction des villageois par rapport à l'application des lois
- # de bonnes pratiques de gestion

Figure 12 : Indicateurs de la chaîne d'impact « dégradation des terres, érosion et glissements de terrain »



Source : adelphi/EURAC 2014.

Evaluation des indicateurs (Module 5)

Conformément au module 5 du Guide de référence sur la vulnérabilité, les indicateurs ont ensuite été normalisés vers une échelle commune sans unité allant de 0 à 1.

Pour être en mesure d'effectuer une analyse de vulnérabilité, il faut évaluer chaque indicateur conformément à un système d'évaluation standardisé allant de 0 à 1 avec :

- Dans le cadre de l'exposition, la sensibilité et la capacité d'adaptation, la valeur « 0 » correspond à :
 - Une valeur d'exposition (climat, le temps) qui ne présente aucune menace pour le système.
 - Une valeur de sensibilité, qui fait que dans des conditions moyennes le système n'est pas sensible à l'exposition climatique ou météorologique (le système est « imperméable au climat »).
 - Une capacité d'adaptation qui indique que les conditions sociales ou économiques, ou les possibilités d'adaptation, ne permettent pas l'adaptation et nuisent au système si fortement qu'elles le menacent.
- Dans le contexte de l'exposition, la sensibilité et la capacité d'adaptation, la valeur « 1 » correspond à :
 - Une valeur d'exposition (climat, temps) affecte le système avec une telle ampleur qu'elle le menace sérieusement, et ne peut pas être entièrement compensée par une faible sensibilité ou forte capacité d'adaptation. Le nombre d'événements extrêmes par an ayant eu lieu dans le passé avec un impact catastrophique peut servir de référence.
 - Une sensibilité qui ne permet pas de protéger le système de l'exposition et conduit à un impact potentiel élevé, même si l'exposition est faible.
 - Une capacité d'adaptation indiquant une capacité optimale, c'est à dire les conditions sociales ou économiques, ou des possibilités d'adaptation, qui permettent de s'adapter sans nuire au système (sans pour autant toujours pouvoir compenser un impact très élevé).

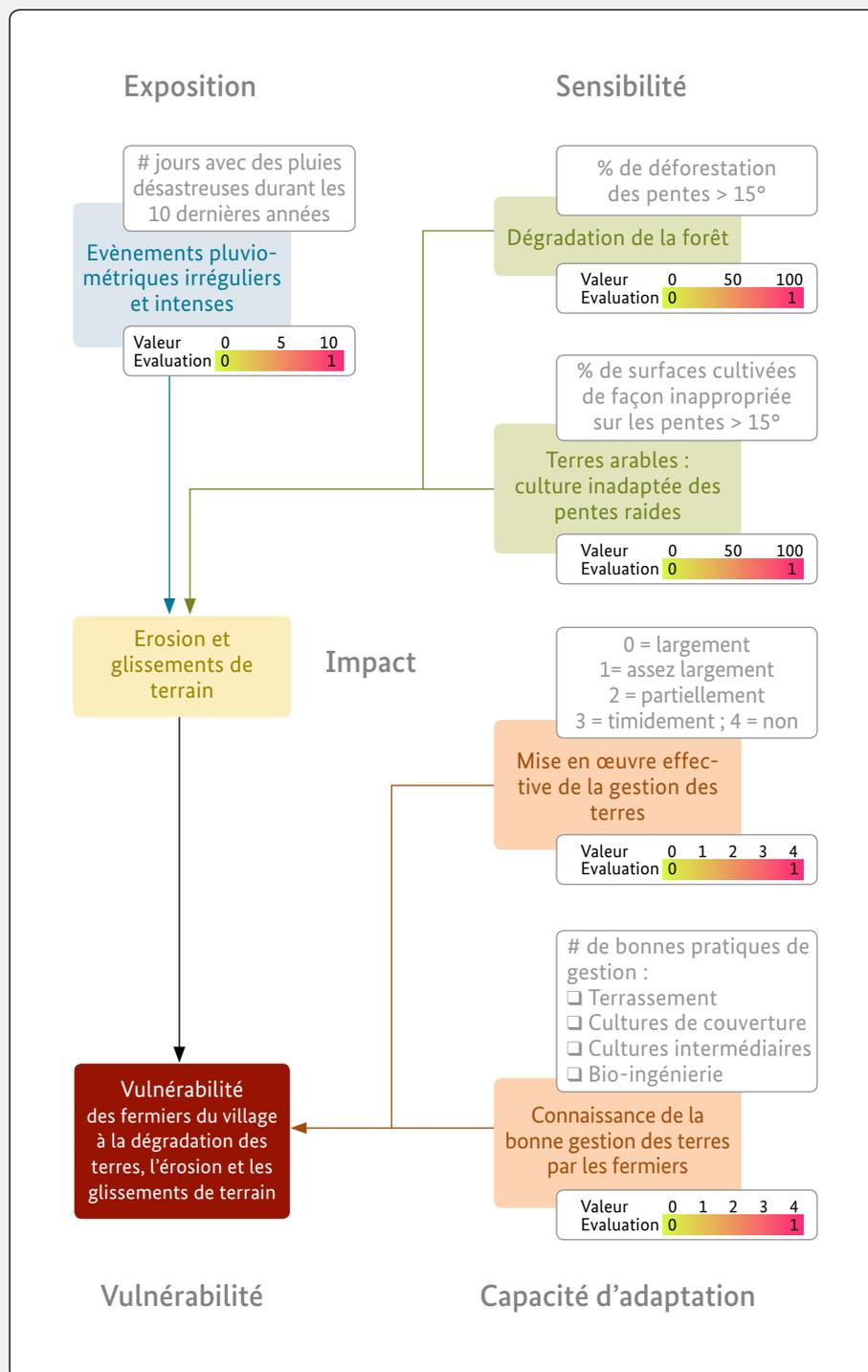
À cette fin, un système d'évaluation pour chaque indicateur a été développé en collaboration avec les participants. En ce qui concerne l'indicateur de capacité d'adaptation « mise en application effective de la gestion des terres », par exemple, il a été convenu qu'une note de 0 (= largement appliquée) à 4 (= pas de mise en œuvre) serait appliquée, puis normalisée sur une échelle de 0 à 1 (voir « application de la loi » dans la figure 13). On peut voir les références d'évaluation pour tous les indicateurs dans la figure 13 ci-dessous.

Par la suite, les équipes d'experts des deux districts ont évalué chaque indicateur pour les deux vallées sélectionnées : Chel Valley à Swat et Rambur Valley à Chitral. Les résultats de cette évaluation sont représentés sur la figure 14.

L'évaluation a révélé que les caractéristiques propres des deux vallées de Swat et Chitral diffèrent sensiblement : alors que l'exposition à des événements de pluie intensive est plus élevée dans la vallée de Swat en raison des moussons, la zone de Chitral est caractérisée par une sensibilité plus élevée en raison des taux de déforestation élevés et d'une part importante de cultures non adaptées sur les pentes raides.

En ce qui concerne la capacité d'adaptation, l'évaluation des deux régions montre des résultats similaires, avec une capacité d'adaptation moyenne à faible en raison d'une connaissance modérée des bonnes pratiques de gestion des terres et de faibles niveaux de satisfaction quant à l'application de la loi dans ce domaine.

Figure 13 : Processus d'évaluation des indicateurs de la chaîne d'impact simplifiée « dégradation des terres, érosion et glissements de terrain »



Source : adelphi/EURAC 2014.

Agréger les indicateurs et les composantes de la vulnérabilité (Modules 6 et 7)

Conformément au Guide de référence sur la vulnérabilité, la pondération et l'agrégation des indicateurs individuels en composantes de la vulnérabilité (module 6) puis en une seule vulnérabilité globale (module 7) a été réalisée en trois étapes.

Première étape :

Agrégation des indicateurs des composantes de la vulnérabilité (exposition, sensibilité, capacité d'adaptation)

- Tous les indicateurs d'exposition individuels ont été agrégés vers une valeur pour la composante de la vulnérabilité « exposition »
- Tous les indicateurs d'exposition individuels ont été agrégés vers une valeur pour la composante de la vulnérabilité « sensibilité »
- Tous les indicateurs d'exposition individuels ont été agrégés vers une valeur pour la composante de la vulnérabilité « capacité d'adaptation ». Etant donné qu'une pondération égale a été utilisée pour tous les indicateurs, l'équation utilisée pour l'agrégation est simplement la suivante :

.....
Formule 1 :

$$\text{Indicateur des composantes de vulnérabilité} = \frac{I_1 + I_2}{2}$$

.....

Seconde étape :

Agrégation de l'exposition et de la sensibilité en impact potentiel (en utilisant à nouveau l'agrégation arithmétique pondérée)

Troisième étape :

Agrégation et l'impact et de la capacité d'adaptation en indicateur composite de la vulnérabilité. Ici, à nouveau l'agrégation arithmétique pondérée a été utilisée

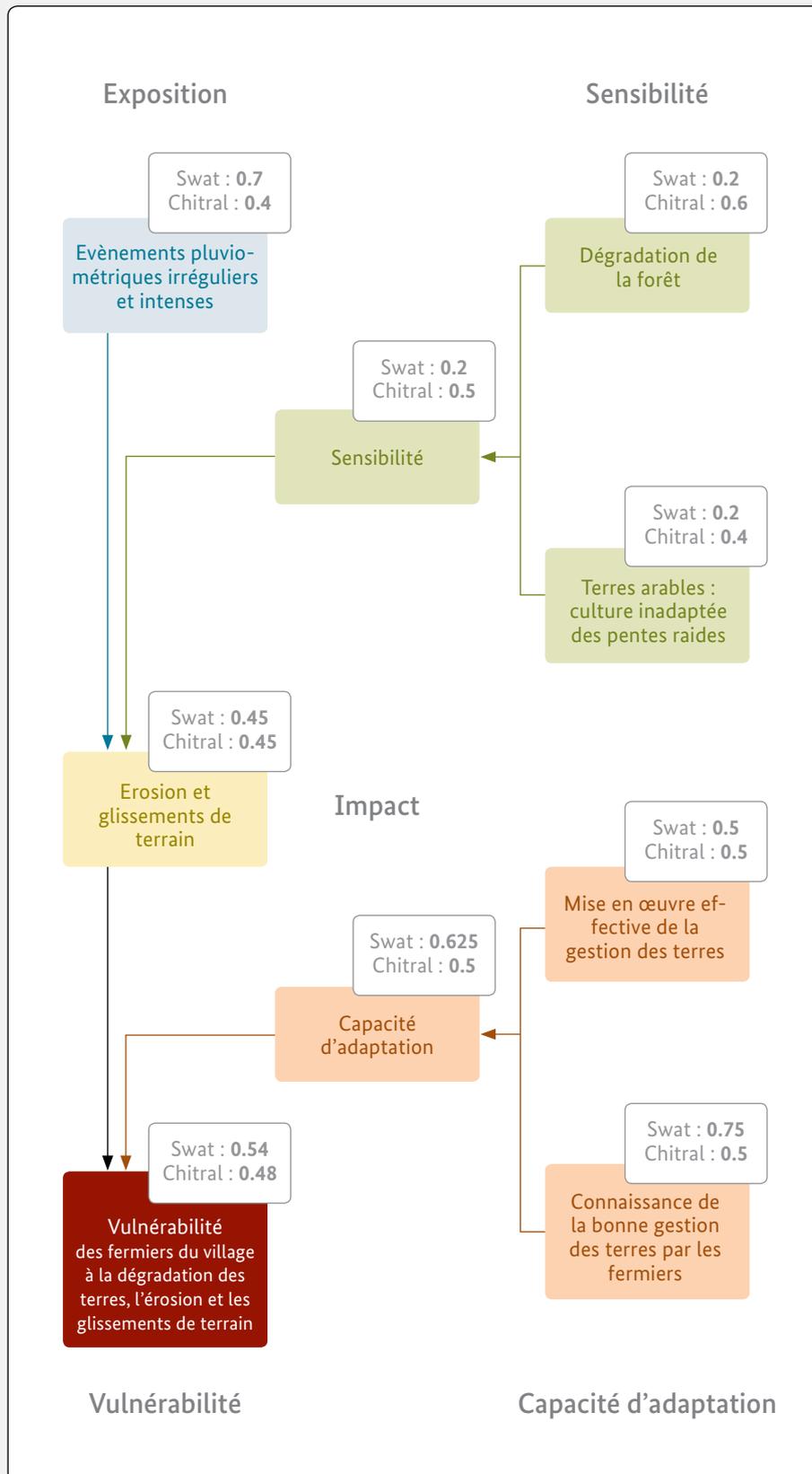
.....
Formule 2 :

$$V = \frac{I + CA}{2} \text{ avec } V = \text{la vulnérabilité, } I = \text{l'impact et } CA = \text{la capacité d'adaptation}$$

.....

Les résultats du processus d'agrégation sont présentés dans la figure 14.

Figure 14 : Agrégation des indicateurs et des composantes de la vulnérabilité pour analyser la vulnérabilité à l'érosion des sols au Pakistan



Source : adelphi/EURAC 2014.

Résultats stratégiques de l'analyse de vulnérabilité

Principales conclusions, recommandations et prochaines étapes (Module 8)

L'AV exploratoire au Pakistan a apporté plusieurs renseignements clés : la vallée de Chel dans le district de Swat est plus exposée aux chutes de pluie irrégulières et intensives que la vallée de Rambur dans le district de Chitral. Dans le même temps, la vallée de Chel est moins sensible, car elle a subi moins de déboisement et la pratique de cultures inadaptées sur les pentes abruptes y est moins présente. Les évolutions à l'intérieur des deux composantes de la vulnérabilité, la sensibilité et l'exposition aboutissent à un impact potentiel identique pour les deux vallées. Cela souligne à nouveau l'importance de considérer également les composantes individuelles de vulnérabilité et même les indicateurs, lorsqu'on interprète les résultats d'une AV. La capacité d'adaptation est un peu plus élevée dans la vallée de Rambur, due à un niveau légèrement plus élevé d'application de la loi. La vulnérabilité globale dans les deux régions est moyenne avec un niveau légèrement plus élevé de vulnérabilité pour la vallée de Chel.

Le plus intéressant consiste à identifier les points faibles dans le système, puisque ce sont les points d'entrée pour formuler des solutions d'adaptation. Par exemple, le degré élevé de déforestation dans la vallée de Rambur devrait être mentionné, et contré par des actions de reboisement, à l'aide par exemple de plantes locales. On peut lutter contre la pratique de cultures inappropriées sur les pentes raides à travers la formation, ou en diffusant des informations sur les pratiques durables sur les radios suivies par les agriculteurs. Conformément à l'AV exploratoire, les équipes de mise en œuvre peuvent adopter les mesures de suivi suivantes :

- Développer des chaînes d'impact pour d'autres impacts liés à la biodiversité
- Identifier des indicateurs appropriés qui peuvent être intégrés dans les évaluations participatives en milieu rural (*Participative Rural Appraisal – PRA*) au niveau des villages
- Se mettre d'accord sur le système d'évaluation de chaque facteur / sur les indicateurs des chaînes d'impact qui ont été développées
- Conduire des enquêtes de terrain
- Analyser et vérifier les résultats
- Documenter l'AV
- Communiquer les résultats
- Identifier les mesures d'adaptation
- Mettre en œuvre des mesures d'adaptation appropriées

Une fois les mesures mises en œuvre, il s'agira de suivre et d'évaluer (S&E) l'efficacité de l'adaptation en réitérant l'analyse de vulnérabilité à la fin du cycle du projet BKP. Les exigences en termes de documentation pour le suivi et l'évaluation se trouvent en détails dans le chapitre S&E du Guide de référence sur la vulnérabilité. Elles comprennent :

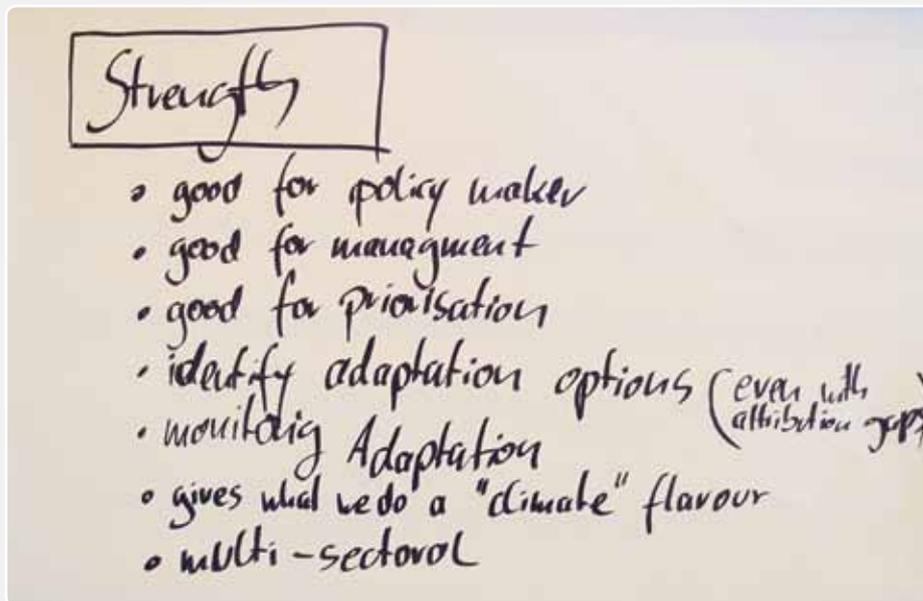
- Une documentation complète pour l'ensemble de l'AV et de ses processus associés
- Les moyens mis en œuvre pour assurer la fiabilité des indicateurs
- La description des méthodes utilisées pour quantifier les indicateurs
- La constance des règles d'analyse

Leçons apprises

Plusieurs des enseignements proviennent des résultats de la mise en œuvre du Guide de référence sur la vulnérabilité au Pakistan. En particulier, cette mise en œuvre permet de produire des résultats précieux pour planifier l'adaptation dans un court laps de temps. Au Pakistan il a été possible de conduire l'AV exploratoire lors d'un atelier de travail de 3.5 jours en adoptant une approche participative. Cette AV exploratoire peut être diffusée et élargie, s'il y a lieu, en y intégrant des facteurs supplémentaires, d'autres données et d'autres chaînes d'impact. Alors que la première analyse de vulnérabilité exploratoire s'est appuyée essentiellement sur des avis d'experts, il est possible de faire ultérieurement, le choix d'exploiter des données provenant de bureaux statistiques et météorologiques. L'étude de cadrage avait déjà permis d'identifier des sources de données possibles et les institutions qui détiennent des données utiles.

Les chaînes d'impact se sont révélées être un outil très utile et un résultat en elles-mêmes. Cet outil permet un accès intuitif tout en étant complet et facile, aux informations relatives à la vulnérabilité d'une zone donnée. Leur utilisation pour identifier des points d'entrée possibles pour formuler des mesures d'adaptation a été plébiscitée par les participants à l'atelier. De plus, la chaîne d'impact a été perçue comme un très bon outil de sensibilisation et de stimulation des discussions à la fois pour les décideurs politiques et au niveau des communautés locales (cf. figure 15).

Figure 15 : Retour des participants de l'atelier sur les forces de l'approche de l'analyse de vulnérabilité



(Forces : bon pour les décideurs politiques, * bon pour la gestion, * bon pour prioriser, * identifier les solutions d'adaptation (même avec des lacunes d'attribution), * suivre l'adaptation, * donne à ce que nous faisons un « goût climatique », * multisectoriel).

Source : adelphi/EURAC 2014.

Un des inconvénients notés par un des participants du niveau des décideurs politiques est que l'AV ne permet pas de quantifier la vulnérabilité en termes financiers, et qu'il s'agit « seulement » d'une valeur ou d'un niveau de vulnérabilité. Il a été expliqué que ceci n'est peut-être pas suffisant pour convaincre les décideurs politiques de financer un projet d'adaptation. Dans le cas du Pakistan, ce type de décision est essentiellement basé sur un ratio entre les coûts et les bénéfices supposés. D'un autre côté il a également été expliqué que l'AV peut aider à dépasser cette approche très technique de façon à atteindre une vision plus holistique de la planification, orientée vers des résultats stratégiques, ce qui est précisément l'objectif du projet BKP.

Annexe

Liste des participants et de leurs organisations respectives

N°	Nom	Position	Organisation
1	M. Naveed Mustafa	Responsable scientifique	CAEWRI, Centre national de recherche agricole (NARC), Islamabad
2	M. Muhammad Ijaz	Responsable scientifique	Centre d'étude sur l'impact des changements globaux (GCISC), Centre national pour les sciences physiques, Islamabad
3	Mme. Nuzba Shaheen	Responsable scientifique	Centre d'étude sur l'impact des changements globaux (GCISC), Centre national pour les sciences physiques, Islamabad
4	Dr. A. D. Khan	Directeur (Hydrologis)	Conseil pakistanais de la recherche sur les ressources en eau (PCRWR)
5	Dr. Mona Hagra	Boursier postdoctoral	Conseil pakistanais de la recherche sur les ressources en eau (PCRWR)
6	Dr. Muhammad Abdullah	Directeur (Saline Agriculture)	Conseil pakistanais de la recherche sur les ressources en eau (PCRWR)
7	Dr. Shaukat Zaman	Directeur	Bureau des statistiques pakistanais, Islamabad
8	M. Syed Zuhair Bokhari	Sous-directeur général	Commission de recherche sur l'espace et la haute atmosphère (SUPARCO), Agence spatiale nationale du Pakistan, Islamabad
9	Mme. Annette Lisy	Chef de projet	L'Institut fédéral des géosciences et des ressources naturelles, Evaluation des risques naturels au Pakistan, c/o analyse géologique du Pakistan
10	M. Simon Sadiq	Assistant du directeur	Analyse géologique du Pakistan
11	M. Tayyab Shahzad	Coordinateur du Plan d'Occupation des Sols	Projet de gestion durable des terres, Département du changement climatique, Islamabad
12	M. Khursheed Ahmed	Chargé de projet	Coopération suisse pour le développement (SDC)
13	M. Mohmand Hidayatullah	Directeur	Bureau régional de l'étude des sols, Peshawar

suite sur la page suivante

N°	Nom	Position	Organisation
14	M. Fazli Rabbi	Commissaire au re- censement provincial	Bureau des statistiques du Pakistan, Peshawar
15	M. Syed Mushtaq Ali Shah	Directeur	Centre régional météorologique Peshawar
16	Dr. Ishaq A. Mian	Sous-directeur	Université agricole, des sciences pédolo- giques et environnementales, Peshawar
17	M. Tehsil Zaman	Chef adjoint Agriculture & Environnement	Université agricole, des sciences pédologiques et environnementales, Peshawar
18	M. Sanaullah Khan	Directeur/Conser- vateur forestier	Ministère du plan et du développement, Peshawar
19	M. Shabir Hussain	Responsable adjoint de conservation	Ministère des forêts, Peshawar
20	Dr. Ehsan Ullah	Chargé de recherche sénior	Institut sur la recherche agricole, Mingora
21	M. Syed Fazal Baqi	Conservateur adjoint à la faune	Ministère en charge de la faune
22	M. Sher Zada Khan	Directeur du district	Département du développement agricole, Gestion de l'eau dans les fermes
23	Mme. Shamsu Nihar	Animateur social	Parc national de Chitral Gol national park, Département des forêts
24	M. Jan Mohammad	Directeur du district	Département du développement agricole
25	Dr. Mohammad Naseer	Directeur	Centre de recherche agricole
26	Dr. Marc Zebisch	Chef département	EURAC
27	Dr. Philip Bubeck	Chef de projet	Adelphi
28	Dr. Syed Sajidin Hussain	Consultant	ADMC
29	M. Shaukat Ali	ADMC	
30	M. Wolfgang Hesse	BKP	GIZ
31	Mme. Veronika Utz	BKP	GIZ
32	M. Asghar Khan	BKP	GIZ
33	M. Fayaz Muhammad	BKP	GIZ
34	Mme. Nighat Ara	BKP	GIZ
35	Mme. Shaista Zarshad	BKP	GIZ

11. Mise en œuvre du Guide de référence sur la vulnérabilité : l'analyse de vulnérabilité des petits propriétaires agricoles dans la communauté de Chullcu Mayu (Bolivie)



Source : adelphi/EURAC 2014.

Programme de développement agricole durable
(PROAGRO) GIZ Bolivie

Claudia Cordero
Jose Luis Gutiérrez

Février, 2014

Table des matières :

Préparer l'analyse de vulnérabilité (Module 1)	60
Comprendre le contexte de l'analyse de vulnérabilité (Module 1 ; étape 1)	60
Objectif de l'analyse de vulnérabilité (Module 1 ; étape 2)	61
Déterminer le périmètre de l'analyse de vulnérabilité (Module 1 ; étape 3)	61
Développer une chaîne d'impact (Module 2)	64
Méthodologie d'analyse (Modules 3 à 7)	66
Informations clés sur le processus de mise en œuvre général d'une analyse de vulnérabilité	66
Identifier les indicateurs (Module 3)	67
Identification des méthodes de quantification des indicateurs (Module 4)	67
Pondérer les indicateurs (Module 6)	72
Normalisation et évaluation des indicateurs (Module 5)	74
Agrégation des indicateurs et des composantes de la vulnérabilité (Module 7)	76
Résultats stratégiques de l'analyse de vulnérabilité (Module 8)	77
Principaux enseignements	77
Impact climatique dans un contexte de pluviométrie extrême	78
L'impact potentiel futur du changement climatique	79
Recommandations issues de l'analyse de vulnérabilité	82
Leçons apprises de la mise en œuvre de l'analyse de vulnérabilité	83

Préparer l'analyse de vulnérabilité (Module 1)

Comprendre le contexte de l'analyse de vulnérabilité (Module 1 ; étape 1)

Le Programme de développement agricole durable (PROAGRO, de son sigle en espagnol) est mis en œuvre par la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) en Bolivie. La seconde phase de ce programme, couvrant la période 2011 – 2014 est cofinancée par l'Agence suédoise de développement international et se concentre sur le renforcement de la résilience des petits exploitants agricoles aux impacts du changement climatique dans les zones arides de la Bolivie.

Dans ce contexte, le programme, en collaboration avec les acteurs nationaux et internationaux, encourage la mise en œuvre de ce que l'on appelle des modèles de gestion, à savoir des expériences réussies en termes de développement agricole au niveau local, sur lesquelles on a recueilli de nombreuses informations pour permettre leur réplique et la gestion des connaissances. Un de ces modèles de gestion est appelé « irrigation

technicisée pour une utilisation plus efficace de l'eau dans l'agriculture » (ou irrigation technicisée), comme une réponse à la pénurie en eau et aux faibles rendements des systèmes d'irrigation traditionnels dans les communautés rurales des régions sèches. Plus encore, l'irrégularité des précipitations réduit le potentiel de production agricole. Par conséquent, les petits agriculteurs vivant dans les zones arides sont extrêmement vulnérables au changement climatique, et la durabilité de leurs moyens de subsistance est menacée en raison de la faiblesse des niveaux de production et donc des revenus agricoles. Pour faire face à ce défi, le modèle de gestion vise à appliquer de nouvelles technologies pour améliorer l'absorption, le transport, la distribution et l'application de l'eau dans les cultures avec une irrigation localisée, pour étendre la surface d'irrigation à partir de la même source hydrique, et pour augmenter la fréquence de l'irrigation ce qui permet éventuellement la diversification des cultures, la hausse des rendements et l'augmentation des revenus.

Les projets de développement agricole ont besoin d'intégrer l'adaptation au changement climatique dans leur programmation, afin de réduire la vulnérabilité climatique des agriculteurs, en particulier dans les régions arides et semi-arides, dans lesquelles les producteurs ayant peu de moyens de subsistance sont exposés aux risques climatiques en raison de précipitations irrégulières et de l'augmentation des températures. De façon à améliorer la compréhension des composantes de la vulnérabilité dans ces zones agricoles et afin de mieux planifier l'adaptation, PROAGRO cherche à savoir dans quelle mesure la vulnérabilité des petits exploitants agricoles au changement climatique est atténuée par la mise en œuvre du modèle de gestion appelé irrigation technicisée.

Objectif de l'analyse de vulnérabilité (Module 1 ; étape 2)

PROAGRO cherche à promouvoir le modèle de gestion « irrigation technicisée » pour un usage plus efficace de l'eau dans l'agriculture, comme mesure d'adaptation au changement climatique des petits exploitants agricoles.

Les fermiers de la communauté de Chullcu Mayu ont mis en œuvre le projet d'irrigation technicisée dans le passé, c'est pourquoi l'objectif de l'évaluation est de quantifier dans quelle mesure la vulnérabilité climatique a été réduite grâce à la technification des systèmes d'irrigation communautaires.

Déterminer le périmètre de l'analyse de vulnérabilité (Module 1 ; étape 3)

Les terres de la région de Chullcu Mayu sont adaptées à l'agriculture (cf. figure 1), mais la faible disponibilité de la ressource en eau pour l'irrigation constitue une limite à l'accroissement de la production agricole. C'est pourquoi, en 2005, un système d'irrigation gravitaire a été développé pour améliorer les moyens de subsistance des familles. Cette communauté, située dans les vallées inter-andines est caractérisée par une physiographie accidentée avec une pluviométrie entre 400 et 800 mm et des pertes au niveau du sol à cause de l'érosion. Le stress hydrique se pose comme une limite dans cette région fertile du pays.

Le problème pour la production agricole dans cette région est la pénurie d'eau causée par l'irrégularité des pluies et la faible efficacité des systèmes d'irrigation traditionnels.

C'est pourquoi l'impact potentiel principal du changement climatique est la diminution des superficies cultivées et irriguées de façon optimale.

Figure 1 : Vue de la communauté de Chullcu Mayu (Cochabamba, Bolivie)



Source : adelphi/EURAC 2014.

Dans ce contexte une analyse de vulnérabilité semi-quantitative a été conduite dans la communauté et a permis d'étudier les facteurs de vulnérabilité avant et après la mise en place du système d'irrigation technicisé. L'analyse s'est concentrée sur la vulnérabilité actuelle, en étudiant les conditions climatiques moyennes avant le projet (sur la période 1960-1990), et après sa mise en œuvre (sur la période 1991-2011). Dans cette étude de cas spécifique, l'analyse de vulnérabilité a donc été conduite afin de comparer deux périodes de temps, une avec adaptation et une sans adaptation. Cette approche a permis d'évaluer le succès de la mesure d'adaptation (voir module 1 ; étape 3, à propos des différentes périodes temporelles que l'on peut prendre en compte lors des analyses de vulnérabilité, et le chapitre IV pour le suivi et l'évaluation des mesures d'adaptation dans le cadre d'une analyse de vulnérabilité).

De façon à mieux comprendre le système, des analyses supplémentaires ont été réalisées sur l'impact de la variabilité du climat dans un système d'irrigation traditionnel, en étudiant des événements extrêmes de précipitations particulièrement faibles (durant l'année 2000) et des précipitations très fortes (pendant l'année 1986). Une analyse sur la façon dont les conditions climatiques futures (tendances à 2030) pourraient affecter le système d'irrigation a également été conduite selon le modèle climatique régional PRECIS. Le tableau 1 ci-dessous illustre les différentes échelles temporelles de l'AV.

Le périmètre géographique concerné est la communauté de Chullcu Mayu qui appartient à la municipalité de Tiraque située dans le département de Cochabamba en Bolivie. Ses coordonnées géographiques sont comprises entre 65°32'30" et 65°33'30"

de longitude ouest et entre 17°29'55" et 17°27'30" de latitude sud, à 3486 mètres au-dessus du niveau de la mer (cf. figure 2). Chullcu Mayu est située à 75 km de la capitale départementale la plus proche (Cochabamba) par une route principale asphaltée. Le périmètre géographique de l'analyse inclut en particulier une zone agricole potentielle de 61 ha dans la communauté de Chullcu Mayu et qui est habitée par 97 familles paysannes.

Tableau 1 : Périmètre temporel de l'analyse de vulnérabilité

Période de l'année	Explications
2000	Etude des conditions climatiques relatives aux événements extrêmes avec des précipitations faibles (10ème centile des données pluviométriques historiques)
1986	Etude des conditions climatiques extrêmes relatives aux précipitations élevées (90ème centile des données pluviométriques historiques)
1960 – 1990	Conditions climatiques moyennes dans la communauté de Chullcu Mayu avant la mise en œuvre du projet d'irrigation technicisée
1991 – 2011	Conditions climatiques moyennes dans la communauté de Chullcu Mayu après la mise en œuvre du projet d'irrigation technicisée
2030	Conditions climatiques futures ¹ générées par le modèle climatique régional (PRECIS « Providing Regional Climates for Impacts Studies » - « Prévoir les climats régionaux pour les études d'impacts ») développé par le Centre Hadely du bureau météorologique au Royaume Uni. Les données étaient basées sur ECHAM4, sous un scénario d'émissions A2 (en considérant la période de 2001 à 2030 comme période future et la période de 1961 à 1990 comme temps présent). Ce modèle prévoit les changements climatiques suivants pour 2030 : Augmentation de la température de 1.6°C Evolution des précipitations : Pendant les périodes sèches, baisse des précipitations de 26% Pendant les périodes humides, augmentation des précipitations de 26%

Source : adelphi/EURAC 2014.

Les résultats de cette analyse s'adressent et intéressent les parties prenantes suivantes : les petits propriétaires agricoles des vallées inter-andines, les institutions publiques et privées dans la région qui travaillent dans le domaine du développement agricole et des systèmes d'irrigation les autorités et les techniciens locaux du vice ministère des ressources en eau et de l'irrigation en Bolivie, le personnel de PROAGRO, ainsi que d'autres organisations et agences de coopération internationales.

Les partenaires directement impliqués dans l'AV pour l'étude de cas étaient PROAGRO, la GIZ et EURAC Research.

¹ Source : Ministère de Environnement et de l'Eau (2009), Deuxième communication nationale de l'état plurinational de Bolivie à la CCNUCCC, p. 133

Figure 2 : Carte permettant de situer la communauté de Chullcu Mayu



Source : © Fotolia - Arid Ocean, Guillaume Le Bloas.

Développer une chaîne d'impact (Module 2)

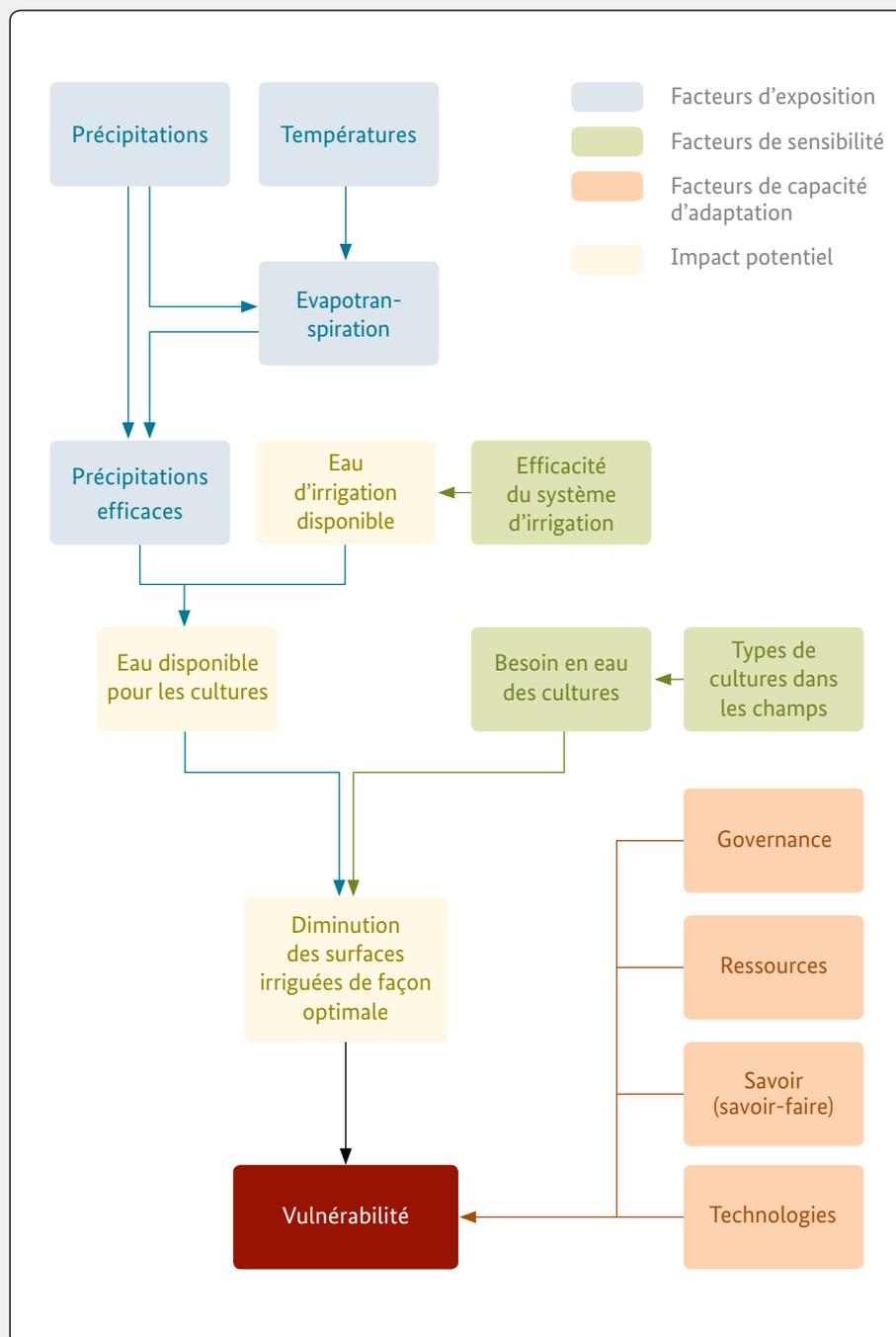
Le cadre conceptuel d'une AV est calqué sur l'AR4 du GIEC, dans lequel la vulnérabilité est le degré par lequel un système risque de subir ou d'être affecté négativement par les effets néfastes des changements climatiques, y compris la variabilité climatique et les phénomènes extrêmes. La vulnérabilité dépend du caractère, de l'ampleur, et du rythme des changements climatiques auxquels un système est exposé, ainsi que de sa sensibilité, et de sa capacité d'adaptation.

Pour comprendre le changement climatique potentiel du climat dans la communauté, une évaluation de la chaîne d'impact a été développée, en tant qu'outil analytique qui permet systématiquement l'analyse des facteurs de vulnérabilité et de leurs relations de cause à effet. L'analyse commence par l'identification de l'impact potentiel principal du système évalué, comme cela est souligné ci-dessous, en suivant les étapes 1 à 4 du module 2.

Le processus de consultation avec les experts en irrigation de PROAGRO a permis d'identifier le fait que les petits exploitants agricoles étaient vulnérables à la faible disponibilité en eau pour les cultures. Ceci veut dire que l'évolution des conditions climatiques pourrait affecter négativement l'apport en eau des cultures dont les besoins en eau sont plus élevés, réduisant ainsi la superficie cultivée irriguée de façon optimale.

Après avoir traité la question de l'impact climatique potentiel, l'étape suivante a consisté à identifier les facteurs liés à la capacité d'adaptation des agriculteurs. Ces facteurs ont été regroupés selon les catégories suivantes : gouvernance, ressources, connaissance et technologies. Pour chacune des catégories, des sous facteurs ont été sélectionnés pour évaluer la capacité d'adaptation dans cette communauté en particulier, en étudiant l'activité de production agricole. La figure 3 représente la chaîne d'impact pour cette étude de cas.

Figure 3 : Chaîne d'impact pour l'étude de cas de la communauté de Chullcu Mayu



Source : adelphi/EURAC 2014.

D'après cette chaîne d'impact, la vulnérabilité climatique dans la communauté de Chullcu Mayu est déterminée par :

- L'exposition : les variations de la température et des précipitations affectent l'évapotranspiration et les niveaux de précipitations efficaces.
- La sensibilité : le système de production agricole du Chullcu Mayu est sensible aux variations climatiques en raison de la faible efficacité du système d'irrigation traditionnel ainsi que du type de cultures pratiquées sur les terres, ces deux éléments déterminant le besoin des cultures en eau.
- L'impact potentiel du changement climatique : la diminution de la superficie irriguée de façon optimale (humidité du sol) est l'impact climatique principal identifié dans la communauté de Chullcu Mayu, et dépend de l'équilibre entre l'apport et les besoins en eau des cultures. Selon cet équilibre, on peut estimer à l'intérieur de ce système, les zones cultivées et irriguées de façon optimale.
- La capacité d'adaptation : des aspects comme la gouvernance ou l'organisation sociale, les ressources disponibles dans la communauté, le savoir-faire spécifique des fermiers sur la gestion des cultures ainsi que les systèmes ou technologies disponibles pour la production agricole constituent un ensemble de facteurs qui déterminent la capacité des agriculteurs à faire face aux impacts climatiques potentiels sur leur système.

Méthodologie d'analyse (Modules 3 à 7)

Informations clés sur le processus de mise en œuvre général d'une analyse de vulnérabilité

Le type d'analyse de vulnérabilité qui a été utilisé pour le projet pilote de Chullcu Mayu se concentre sur un thème précis et emploie une approche méthodologique mixte. Une approche purement quantitative a été utilisée pour évaluer l'exposition, la sensibilité et les impacts. Une approche semi-quantitative a été adoptée pour évaluer la capacité d'adaptation, en s'appuyant sur le critère « avis d'expert », et en utilisant des indicateurs de substitution qui prennent en compte plusieurs aspects et que l'on a regroupés selon les catégories suivantes : gouvernance, ressources, savoir et technologie.

Le processus a démarré par une visite de l'équipe de recherche d'EURAC en Bolivie, afin d'identifier un projet pilote pour mettre en œuvre le Guide de référence sur la vulnérabilité, et un atelier de travail a été organisé avec le personnel de PROAGRO. A la suite de quoi, le projet d'irrigation de Chullcu Mayu a été sélectionné pour l'AV, puisqu'il avait été mis en œuvre il y a quelques années et que l'on a jugé intéressant de pouvoir en mesurer ou quantifier les résultats sur la vulnérabilité des fermiers qui en avaient été bénéficiaires.

Les moyens utilisés pour l'AV comprennent le logiciel ABRO (sigle signifiant « Zones irriguées de façon optimale » en espagnol), un outil utilisé de façon officielle dans le secteur de l'eau en Bolivie pour concevoir des projets d'irrigation financés par

des fonds publics, ainsi que le modèle climatique régional PRECIS, et les relevés météorologiques passés. Après une analyse préliminaire des données disponibles, un consultant a été engagé pour appuyer la modélisation statistique des données météorologiques, introduire les nouvelles données climatiques, faire fonctionner le logiciel ABRO et évaluer la capacité d'adaptation. Trois ateliers de travail ainsi qu'une visite de terrain comprenant des entretiens individuels avec des agriculteurs ont été conduits avec l'équipe PROAGRO en lien avec le projet « irrigation technicisée » dans cette communauté. Deux ateliers supplémentaires ont été conduits pour présenter les résultats à la même équipe. De plus, l'équipe de recherche d'EURAC a entrepris une seconde visite en Bolivie pour appuyer le processus et tirer des leçons des résultats de la mise en œuvre du Guide de référence sur la vulnérabilité. Au total, l'AV a été conduite sur une durée de 4 mois.

Identifier les indicateurs (Module 3)

Les équipes de PROAGRO et d'EURAC ont conjointement rendu visite à la communauté de Chullcu Mayu de façon à se familiariser avec la zone et à obtenir des informations clef de la part des agriculteurs impliqués. Sur la base de ces informations, une première chaîne d'impact a été élaborée. En partant de cette proposition, l'équipe de PROAGRO a finalisé la construction de la chaîne d'impact en s'appuyant sur les facteurs déterminant la vulnérabilité des petits exploitants agricoles dans cette communauté.

D'après les perceptions locales des agriculteurs interrogés lors des visites de terrain, les dangers climatiques principaux dans la communauté sont le déficit et l'irrégularité des précipitations ainsi que les phénomènes climatiques extrêmes comme la grêle, le gel et les vagues de chaleurs. Parmi tous ces facteurs, c'est le déficit pluviométrique qui a l'impact le plus important étant donné la faiblesse de la ressource en eau pour l'agriculture, ce qui entraîne une réduction des niveaux de production, de la sécurité alimentaire et du niveau des revenus agricoles.

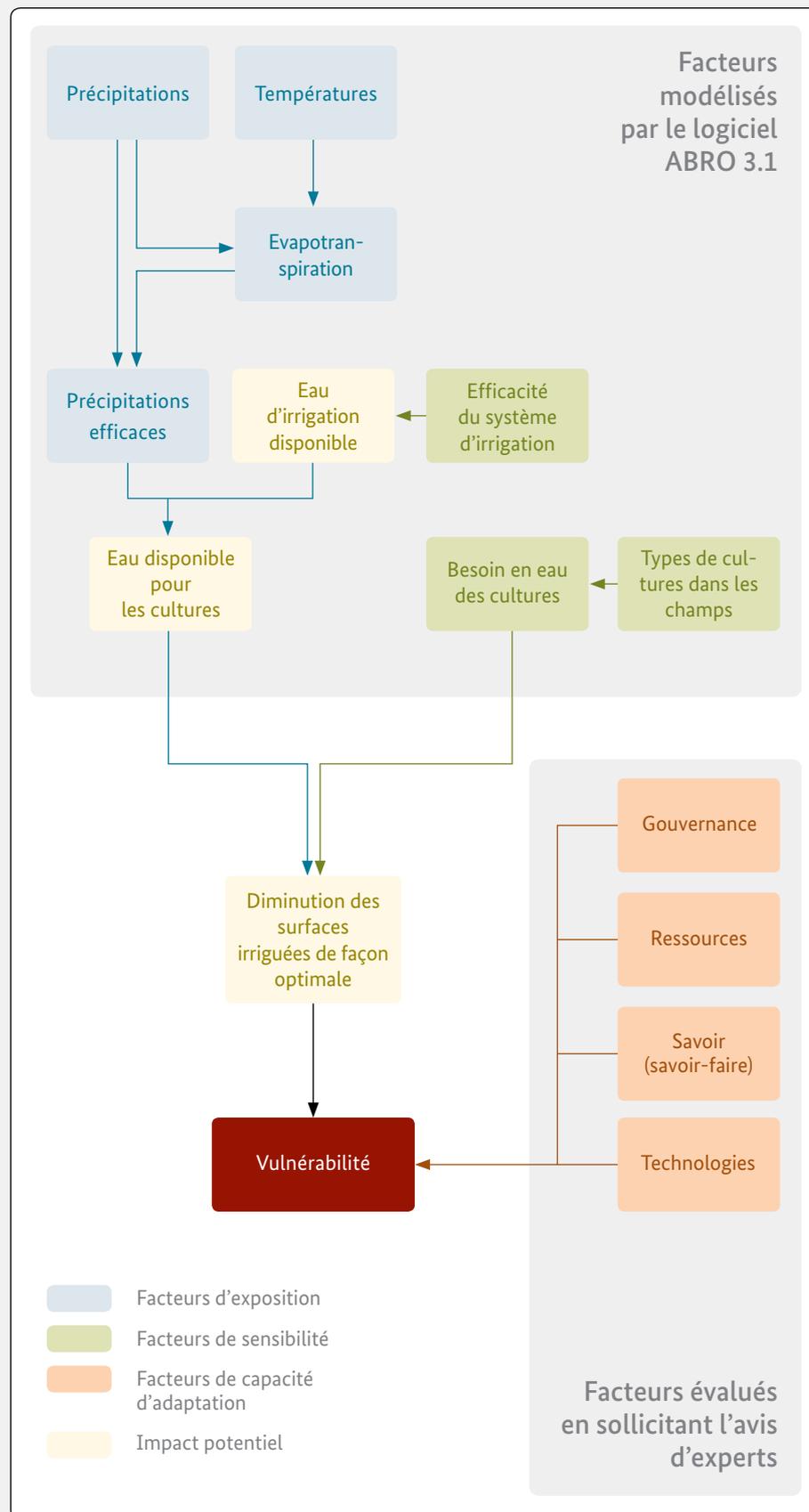
Après avoir identifié l'impact potentiel, l'équipe s'est rendue compte de la difficulté de le mesurer directement, c'est pourquoi un indicateur de substitution a été choisi : la superficie irriguée de façon optimale (humidité du sol). La logique sous-jacente est que la diminution de l'apport en eau en raison de la baisse des précipitations entraînerait la diminution des superficies sous irrigation optimale.

Identification des méthodes de quantification des indicateurs (Module 4)

L'illustration suivante (cf. figure 4) présente différentes méthodes d'analyse des composantes de la vulnérabilité : le logiciel ABRO est employé pour évaluer l'impact. Pour la capacité d'adaptation on sollicite des avis d'experts.

Les tableaux 2 et 3 apportent des informations détaillées sur chacune des composantes de la vulnérabilité (exposition, sensibilité et capacité d'adaptation) dont leur mode de calcul et des informations supplémentaires comme la mesure, la fréquence, la source et la propriété des données.

Figure 4 : Méthodes d'évaluation des composantes de la vulnérabilité



Source : adelphi/EURAC 2014.

Tableau 2 : Facteurs d'exposition

Facteur (unité de mesure)	Méthode de calcul	Commentaires
Précipitations (mm)	Mesure directe	Ces deux facteurs sont nécessaires en tant que données d'entrée, pour pouvoir faire fonctionner le modèle ABRO 3.1.
Température (max et min) (°C)	Mesure directe	La fréquence de mesure est mensuelle. Le propriétaire des données et le SENAMHI (Service national d'information sur la météorologie et l'hydrologie). Les données sur la température et les précipitations de plus de 30 ans ont été estimées à l'aide de modèles statistiques (régression linéaire) depuis la station météorologique de Tiraque (avec des données comprises entre 1960 et 2011) pour obtenir le même nombre de données enregistrées que la station météorologique de Toralapa (utilisée pour la conception du projet).
Evapotran- spiration (mm/jour)	Modèle ABRO 3.1	Calculée par ABRO 3.1 en utilisant les températures minimales et maximales, les données modélisées pour la station de Toralapa, en se basant sur les données de la station de Tiraque
Précipitations efficaces (mm)	Modèle ABRO 3.1	Calculées par ABRO 3.1 en fonction des conditions climatiques des hauts plateaux où est située la communauté de Chullcu Mayu. Données d'entrée pour le modèle ABRO 3.1
Apport en eau du système d'irrigation (m ³)	Modèle ABRO 3.1	Les informations utilisées pour ce calcul proviennent de mesures de débits hydriques pendant l'année 2007 au niveau des sources des systèmes d'irrigation existants et des sources prévues qui pourraient augmenter le débit d'irrigation.
Eau disponible pour les cultures	Modèle ABRO 3.1	Elle correspond à la somme des précipitations efficaces et de l'apport en eau du système d'irrigation, destiné à l'irrigation des cultures.

Source : adelphi/EURAC 2014.

Tableau 3 : Les facteurs de sensibilité

Facteur	Méthode de calcul	Commentaires
Parcelles cultivées	Données d'entrée pour ABRO 3.1	L'information apportée concerne le type de culture, le mois des semailles et la surface cultivée
Besoin en eau des cultures	Modèle ABRO 3.1	Les calculs sont basés sur le type de cultures dans les parcelles
Efficacité du système d'irrigation	Données d'entrée pour ABRO 3.1	Les calculs sont basés sur l'efficacité des composantes du système d'irrigation : absorption transport, distribution et application de l'eau dans les parcelles

Source : adelphi/EURAC 2014.

L'impact climatique potentiel pour les petits exploitants agricoles de Chullcu Mayu est évalué en utilisant les indicateurs d'exposition et de sensibilité cités ci-dessus. L'indicateur de substitution employé (zone irriguée de façon optimale) est validé en utilisant les critères détaillés ci-dessous (voir tableau 4) :

Tableau 4 : Critères de vérification de la justesse / pertinence d'un indicateur de substitution

Critère	Commentaires
Validité	La superficie des terres irriguées de façon optimale dépend de l'apport en eau du système d'irrigation, des niveaux de précipitations et des températures (minimales et maximales). De cette façon la validité montre l'impact des variables climatiques sur le nombre d'hectares susceptibles de recevoir une irrigation optimale. Cette superficie sera réduite lorsque les précipitations seront plus faibles que prévues et avec l'augmentation des températures qui accroît les besoins en eau, quelle que soit la source d'approvisionnement en eau du système.
Précision du sens	Les techniciens qui élaborent des projets d'irrigation, utilisent la superficie irriguée de façon optimale comme un paramètre de conception du projet, en utilisant le logiciel ABRO. Les experts de PROAGRO reconnaissent que cet indicateur de substitution est utile, car il n'existe pas de mesures directes qui puissent mieux représenter les variations climatiques dans la production agricole avec les informations disponibles en Bolivie.
Applicabilité	Le logiciel ABRO qui calcule la superficie irriguée de façon optimale détient la versatilité nécessaire pour garder certains paramètres du fonctionnement du système d'irrigation constants (par ex. la composition du types de cultures dans la parcelle, la quantité d'eau nécessaire pour alimenter le système, etc.), et permet de modifier les conditions climatiques comme les précipitations et la température, et montre par conséquent la façon dont le système répond aux différents états climatiques à travers le temps.
Fiabilité	Le logiciel ABRO a été développé à partir de plusieurs expériences de conception de systèmes d'irrigation en Bolivie, et il est utilisé sur tout le territoire national. C'est pourquoi on peut considérer que les calculs de superficies irriguées de façon optimale et mesurées par ce logiciel sont fiables.
Praticabilité/ facilité d'utilisation	L'utilisation du logiciel ABRO pour calculer les surfaces irriguées de façon optimale, en tant qu'indicateur indirect des changements climatiques se conforme bien aux critères de facilité d'utilisation, d'accessibilité financière et de simplicité, étant donné que ce logiciel est une application simple, qui comprend un manuel d'installation sur tout type d'ordinateur qui dispose d'une configuration basique. Financièrement il est abordable puisqu'il peut être téléchargé gratuitement depuis internet.
Sensibilité	La sensibilité du logiciel ABRO, c'est à dire sa capacité à détecter des petites variations des états climatiques n'est pas très élevée, ce qui constitue une limitation aux analyses de vulnérabilité au changement climatique. Cependant le manque d'informations empêche l'utilisation de logiciel plus sophistiqués et éventuellement plus sensibles. L'étude de cas actuelle rend donc obligatoire l'utilisation du logiciel ABRO tout en connaissance cette limite.

Source : adelphi/EURAC 2014.

Les facteurs de capacité d'adaptation ont été sélectionnés en prenant en compte la façon dont ils aident les agriculteurs à faire face à la faiblesse des ressources en eau dans la communauté de Chullcu Mayu. Ces facteurs sont les suivants (cf. tableau 5) :

Tableau 5 : Facteurs de capacité d'adaptation

Facteurs	Méthode de calcul	Observations
Gouvernance	Avis d'expert	Evaluation de l'organisation sociale et productive des fermiers de Chullcu Mayu par rapport au système d'irrigation dont : <ul style="list-style-type: none"> • Les organisations de producteurs liées aux droits d'accès à l'eau du système d'irrigation tel qu'elles l'ont défini. • Droits d'accès à l'eau (défini par les organisations de producteurs)
Res-sources	Avis d'expert	Evaluation des ressources communautaires disponibles qui sont susceptibles d'améliorer la production agricole dont : <ul style="list-style-type: none"> • La disponibilité des terres pour les producteurs de Chullcu Mayu • L'accès des producteurs de Chullcu Mayu à un soutien institutionnel (en particulier une assistance technique) • L'accès aux technologies et aux services d'information par les producteurs de Chullcu Mayu • La proximité entre la communauté et les circuits commerciaux
Savoir	Avis d'experts	Evaluation du savoir (du savoir-faire) des producteurs de Chullcu Mayu sur l'amélioration de la production agricole, traditionnelle ou nouvelle (avec des techniques contemporaines) dont : <ul style="list-style-type: none"> • L'introduction de nouvelles cultures • La gestion des cultures • L'ajustement au calendrier agricole
Technologies	Avis d'experts	Evaluation des pratiques techniques pour améliorer la production agricole dont : <ul style="list-style-type: none"> • Les techniques de gestion des sols • Les techniques de gestion des semences • Les techniques de contrôle des pestes et des maladies

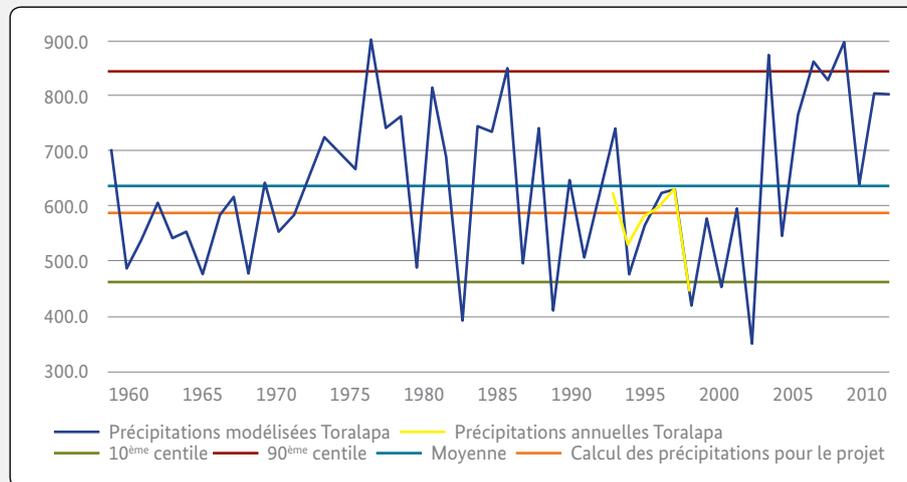
Source : adelphi/EURAC 2014.

Il est important de mentionner les contraintes d'accessibilité des données pour cette analyse. Le projet a essentiellement utilisé des données issues de la station météorologique de Toralapa qui ne possédait des relevés que pour une période de 10 ans. C'est pourquoi un modèle statistique a été développé pour accroître le nombre de relevés. Aussi, les informations climatiques utilisées correspondent à des séries temporelles modélisées statistiquement à l'aide de techniques de régression linéaire pour la station de Toralapa, en utilisant les précipitations et températures (maximales et minimales) de la station de Tirage située dans le même bassin qui disposait d'enregistrements sur une période de 52 ans. Après vérification il ressort que les coefficients de corrélation et la valeur affichent une association statistique significative entre les relevés des deux stations ce qui garantit la fiabilité des données modélisées de la station de Toralapa.

La figure 5 montre les relevés historiques des précipitations annuelles modélisées pour la station de Toralapa. Le graphique montre une forte variabilité avec cinq pics où le niveau de précipitations est soit plus important que le 90^{ème} centile de l'ensemble des relevés (850 mm) ou en dessous du 10^{ème} centile (461m) des relevés de précipita-

tions. De plus, on peut observer que le niveau de précipitations annuelles (590 mm) qui a été utilisé pour concevoir le système est en dessous du niveau annuel moyen de précipitations pour la période entre 1960 et 2011 (640 mm). C'est pourquoi on peut considérer que le système d'irrigation est adapté même pour les années pendant lesquelles les précipitations sont plus faibles.

Figure 5 : Précipitations annuelles modélisées pour la station météorologique de Toralapa



Source : adelphi/EURAC 2014, à partir des données issues du Service national bolivien d'information sur la météorologie et l'hydrologie (SENAMHI).

Pondérer les indicateurs (Module 6)

Le logiciel ABRO a été utilisé pour calculer l'impact climatique potentiel avant et après la mise en œuvre de la mesure d'irrigation (cf. tableau 6). Les résultats du modèle montrent que dans des conditions climatiques moyennes et sans mettre en œuvre le projet, le système traditionnel d'irrigation a permis un apport en eau pour une superficie cultivée de 4.94 ha ; avec la mise en place du projet d'irrigation techniciée, la surface cultivée de façon optimale a été augmentée pour atteindre 56.12 ha.

Afin d'estimer la capacité d'adaptation dans la communauté de Chullcu Mayu, les avis d'experts ont été sollicités, en allouant un coefficient de pondération spécifique à chaque facteur selon l'expérience et les critères des experts qui avaient participé à l'analyse. Une réunion avec quatre techniciens de PROAGRO a été organisée dans ce but afin d'analyser les capacités existantes des producteurs de la communauté dans le domaine de la production agricole en particulier sur les éléments liés à la gouvernance, aux moyens, aux technologies et aux savoirs employés pour la production agricole. Une analyse de chacun de ces facteurs a été réalisée afin de déterminer quels sont les aspects les plus importants qui pourraient influencer vers une plus grande surface d'irrigation, sur une échelle entre 0 et 100 (0 = aucune capacité d'adaptation, 100 = grande capacité d'adaptation). En s'appuyant sur les avis d'experts, le facteur « gouvernance » a obtenu 35 points (éléments principal), les « moyens » et les « technologies » ont obtenu 25 points et le « savoir » 15 points. Ces valeurs correspondent aux critères utilisés pour évaluer la capacité d'adaptation.

Tableau 6 : Superficie des zones irriguées de façon optimale en fonction des conditions climatiques avant et après la mise en œuvre du projet

Facteur		1960 – 1990 (sans projet)	1991 – 2011 (avec projet)
Précipitations annuelles (mm)		632.8	650.8
Température moyenne (°C)	Maximales	16.1	17.0
	Minimales	2.2	1.9
Evapotranspiration annuelle (mm)		1,229.00	1,295.77
Surface irriguée de façon optimale (ha)		4.94	56.12

Source : adelphi/EURAC 2014.

La prochaine étape a consisté à déterminer les éléments liés à la capacité d'adaptation pour chacune des catégories définies (par ex. la gouvernance, les moyens ; cf. tableau 7). Par exemple pour évaluer les « techniques » on considère que les producteurs de Chullcu Mayu qui pratiquent la gestion des sols et des semences et le contrôle des pestes peuvent mieux faire face aux impacts climatiques négatifs.

Tableau 7 : Pondération des facteurs de capacité d'adaptation

Facteur	Pondération	Commentaires	Pondération
Gouvernance	35	Organisation de fermiers pour l'irrigation	100
Ressources	25	Disponibilité des terres	40
		Support institutionnel (assistance technique)	10
		Accès à l'information	25
		Proximité des circuits commerciaux	25
Savoir (savoir-faire)	15	Connaissance sur l'introduction de nouvelles plantes (cultures)	30
		Savoir sur la gestion des cultures	30
		Ajustements au calendrier agricole	40
Techniques	25	Gestion des sols	30
		Gestion des semences	35
		Contrôle des pestes et des maladies	35

Source : adelphi/EURAC 2014.

Normalisation et évaluation des indicateurs (Module 5)

Après avoir établi les facteurs, les indicateurs et les paramètres de calcul, l'étape suivante a consisté à normaliser les données de façon à les transformer en unités de mesure agrégées et comparables. Etant donné que le calcul de l'impact potentiel est réalisé sur une échelle métrique et que la capacité d'adaptation est calculée sur une échelle ordinale il était nécessaire de normaliser les données afin d'obtenir une mesure de la vulnérabilité à la fois standardisée et comparable dans le temps (voir module 5 du Guide de référence sur la vulnérabilité). C'est pourquoi on a procédé à une normalisation technique lors du calcul de l'impact du changement climatique dans le système productif de Chullcu Mayu avant et après la mise en place du système d'irrigation technicisé.

En prenant en compte la superficie de 61 ha pour la production agricole potentielle de Chullcu Mayu, l'impact climatique a été analysé au moyen de la formule 1 :

Formule 1 :

$$\text{Impact climatique} = \frac{61 \text{ ha} - \text{Superficie irriguée de façon optimale en ha}}{61 \text{ ha}} * 100$$

La valeur de 61 ha correspond à la surface totale disponible pour la production agricole. Ainsi l'impact le plus important serait égal à 100 points, ce qui signifie que la surface irriguée de façon optimale serait nulle, en raison de conditions climatiques si néfastes que la ressource en eau ne serait pas suffisante pour assurer une irrigation optimale. Au contraire si le résultat était de 61 ha de surface irriguée de façon optimale, cela signifierait que les conditions climatiques n'auraient aucun d'impact de quelque ordre que ce soit (le résultat serait égal à 0). Le tableau 8 illustre l'application de cette équation :

Tableau 8 : Evaluation de l'impact climatique de Chullcu Mayu

Etat	Période (années)	Surface irriguée de façon optimale	Impact climatique (points)
Sans projet	1960 – 1990	4.9	91.9
Avec projet	1991 – 2011	56.1	8.0

Source : adelphi/EURAC 2014.

Ceci signifie qu'en l'absence du projet l'impact climatique était élevé (91.9 points). Actuellement, depuis la mise en place du projet, l'impact climatique est plus bas à Chullcu Mayu (seulement 8 points car une plus grande superficie de terres bénéficie d'une irrigation optimale (56.1 ha au lieu de 4.9 ha).

Tableau 9 : Normalisation des données pour calculer la capacité d'adaptation de la communauté de Chullcu Mayu

Facteur	Valeur	Sous-facteur	Pondération	Evaluation (échelle de 0 à 3)		Normalisation (échelle de 0 à 100)		Agrégation arithmétique	
				Avant IT	Après IT	Avant IT	Après IT	Avant IT	Après IT
Gouvernance	35	Organisation de fermiers pour l'irrigation	100	1	3	33.3	100.0	33.3	100.0
Moyens (ressources)	25	Disponibilité des terres	40	1	1	33.3	33.3	50.0	50.0
		Support institutionnel (assistance technique)	10	1	1	33.3	33.3		
		Accès à l'information	25	1	1	33.3	33.3		
		Proximité des circuits commerciaux	25	3	3	100.0	100.0		
Savoir (savoir-faire)	15	Connaissance sur l'introduction de nouvelles plantes (cultures)	30	1	2	33.3	66.7	33.3	66.7
		Savoir sur la gestion des cultures	30	1	2	33.3	66.7		
		Ajustements au calendrier agricole	40	1	2	33.3	66.7		
Techniques	25	Gestion des sols	30	1	1	33.3	33.3	33.3	33.3
		Gestion des semences	35	1	1	33.3	33.3		
		Contrôle des pestes et des maladies	35	1	1	33.3	33.3		
Total	100			Capacité d'adaptation				37.5	65.8

Source : adelphi/EURAC 2014.

En s'appuyant sur les facteurs identifiés et sur des critères d'évaluation établis, la capacité d'adaptation a été estimée pour comparer la situation avant la mise en œuvre du projet avec la situation après sa mise en œuvre. Pour ce faire, chacun des sous-facteurs a été évalué sur une échelle de 0 à 3. Les valeurs correspondantes sont les suivantes : 0 = « aucune capacité d'adaptation », 1 = « faible capacité d'adaptation », 2 = « capacité d'adaptation moyenne », et 3 = « capacité d'adaptation élevée ». La valeur de chaque facteur a été attribuée de commun accord avec l'équipe de PROAGRO en débattant des arguments pour affecter les valeurs respectives. Les résultats sont présentés en annexe 9. Après avoir évalué les valeurs selon une échelle de pondération, les données ont été normalisées et combinées en utilisant l'agrégation arithmétique. Ceci a permis d'obtenir une valeur absolue de la capacité d'adaptation avec et sans l'existence du projet d'irrigation technicisée.

Les informations contenues dans le tableau précédent démontrent qu'avant la mise en place du système d'irrigation technicisée, les producteurs de la communauté avaient une faible capacité d'adaptation, et que celle-ci s'est accrue avec la mise en place du projet. En effet, le projet a renforcé l'organisation des fermiers pour la gestion du système d'irrigation, a fait la promotion de nouvelles cultures, de la gestion des cultures et de l'ajustement au calendrier agricole. Cela étant, les agriculteurs de la communauté doivent encore améliorer leur savoir et leurs pratiques par rapport à la gestion des sols et probablement à l'accès aux semences, ainsi qu'au contrôle des pestes et des maladies.

Agrégation des indicateurs et des composantes de la vulnérabilité (Module 7)

Pour calculer la vulnérabilité climatique avec et sans mise en œuvre du projet d'irrigation technicisée, un rapport mathématique a été identifié pour mettre en lien les données sur l'impact du changement climatique et la capacité d'adaptation, toutes deux mesurées sur une échelle de 1 à 100. L'équation mathématique est la suivante (cf. formule 2) :

.....
Formule 2 :

$$\text{Vulnérabilité} = \text{Impact} - \text{Capacité d'adaptation}$$

.....
Lorsque l'on agrège l'impact des changements climatiques et la capacité d'adaptation, il faut se rappeler que les deux facteurs ont une direction différente sur l'influence de la vulnérabilité (une capacité d'adaptation élevée réduit la vulnérabilité, un impact élevé accroît la vulnérabilité). C'est pourquoi il faudra ajuster cette équation comme ceci (cf. formule 3) :

.....
Formule 3 :

$$\text{Vulnérabilité} = 100 - \frac{((100 - \text{Impact}) + \text{Capacité d'adaptation})}{2}$$

Note : selon le module 5 du Guide de référence sur la vulnérabilité, tous les indicateurs doivent déjà être alignés dans le même sens. Dans ce cas, il n'y a pas besoin de calculer l'impact « à l'envers » comme cela est fait dans la formule 3. Le tableau 10 montre les résultats de l'application de cette formule dans cette étude de cas.

Tableau 10 : Calcul de la vulnérabilité au changement climatique

Situation	Impact	Capacité d'adaptation	Vulnérabilité
Avant l'irrigation technicisée	92	38	77
Après l'irrigation technicisée	8	66	21

Source : adelphi/EURAC 2014.

Avec la mise en œuvre de l'irrigation technicisée, la vulnérabilité des petits exploitants de Chullcu Mayu s'est atténuée en raison, d'un côté de l'accroissement de la capacité d'adaptation, et de l'autre de l'impact qui a été réduit fortement en raison de la sécurisation de l'apport en eau grâce à la technification du système d'irrigation.

Il est important de noter que dans la situation « avec projet », même si la capacité d'adaptation s'est améliorée (ce qui signifie l'obtention de 100 points), la vulnérabilité n'est pas réduite à néant. La vulnérabilité a décliné de 77 à 21 points ce qui montre que pour lutter contre le changement climatique, il est important de mettre en œuvre des stratégies de réduction de la sensibilité au climat. Par exemple, il est important de mettre en œuvre des stratégies qui permettent d'atténuer la sensibilité du système, comme ajuster le type de culture de façon à réduire le déficit hydrique et par conséquent de réduire la vulnérabilité climatique des producteurs aux événements extrêmes.

Résultats stratégiques de l'analyse de vulnérabilité (Module 8)

Principaux enseignements

Le modèle de gestion de l'irrigation technicisée a contribué à réduire la vulnérabilité au changement climatique des petits exploitants agricoles dans la communauté de Chullcu Mayu de la façon suivante :

- Réduction de la sensibilité au système, à travers des ajustements au niveau du type de cultures, des dates de semailles, avec la certitude d'un apport en eau sécurisé et une plus grande efficacité dans les parcelles, ce qui a permis d'étendre les superficies cultivées avec une irrigation optimale.
- Accroissement de la capacité d'adaptation, à travers le renforcement des organisations d'agriculteurs pour la gestion du système d'irrigation, à travers une utilisation efficace des ressources existantes (utilisation optimale des terres, proximité des circuits com-

merciaux), un plus grand accès au savoir (introduction de nouvelles cultures, ajustement du calendrier agricole) et à travers la mise en œuvre de technologies de production (gestion des sols et des semences, contrôle des fléaux).

Dans le passé, la variabilité climatique avait un impact plus sévère que le changement climatique sur les activités agricoles de la communauté de Chullcu Mayu. Cet impact climatique néfaste a été considérablement réduit avec la mise en œuvre du projet d'irrigation technicisée en raison d'un apport en eau plus important qui a accru les superficies irriguées de façon optimale, ce qui a contribué à améliorer la sécurité alimentaire et les revenus agricoles. Comme on peut le voir sur le tableau 10, ce projet, ayant réduit la vulnérabilité des producteurs (de 77 à 21 points), s'est révélé être une mesure efficace pour l'adaptation au changement climatique.

La réduction de la vulnérabilité aux impacts climatiques des petits exploitants agricoles grâce à l'irrigation technicisée est due à une augmentation de la capacité d'adaptation et à la réduction de l'impact climatique potentiel. Cette situation étant bien connue, les sections suivantes montrent la façon dont le projet a réduit l'impact climatique potentiel aux événements extrêmes et au changement climatique futur.

Impact climatique dans un contexte de pluviométrie extrême

L'impact de la variabilité du climat sur la production de la communauté de Chullcu Mayu a été analysé à l'aide de séries de données météorologiques au sein desquelles l'année 2000 s'est illustrée comme ayant le niveau le plus bas de précipitations (proche du 10ème centile) et de l'autre côté l'année 1986 apparaissant comme ayant le plus haut niveau de précipitations (proche du 90ème centile). Ces données ont été entrées dans le logiciel ABRO pour modéliser la superficie de terres sous irrigation optimale (qui est un indicateur indirect du changement climatique), sur ces deux épisodes extrêmes. Le tableau 11 montre les résultats de cette modélisation.

A Chullcu Mayu, les événements climatiques extrêmes ont pour origine les variations de niveaux de précipitation (parmi les deux épisodes extrêmes ayant eu lieu en 1986 et en 2000, il existe une différence de 402 mm, équivalente à 88%). Les variations de température (et l'évapotranspiration) sont très légères.

Lorsque l'on analyse la situation de Chullcu Mayu hors projet, on observe que les variations de précipitation déterminent à la hausse ou à la baisse la superficie irriguée de façon optimale. Dans la situation « avec projet », au contraire, la superficie arable irriguée de façon optimale n'est pas affectée par le niveau des précipitations, que celui-ci soit élevé ou faible, car le système d'irrigation technicisée fonctionne, et complète l'apport en eau lorsqu'il existe un déficit pluviométrique. En fait, le projet d'irrigation technicisée accroît l'efficacité du système d'irrigation et de ce fait réduit la sensibilité climatique du système.

Pour conclure, le projet permet de réduire l'impact de la variabilité du climat : les variations pluviométriques n'affectent pas la superficie irriguée de façon optimale. En accroissant l'efficacité du système d'irrigation à l'aide de la technification, la sensibilité du système au climat est réduite, et l'apport en eau pour la production agricole est constant et sécurisé.

Tableau 11 : Superficie sous irrigation optimale dans le cas de conditions pluviométriques extrêmes dans la communauté de Chullcu Mayu

Année		A. 1986	B. 2000	C. Différence
Analyse		Précipitations – 90 ^{ème} centile	Précipitations – 10 ^{ème} centile	(entre 1986 et 2000)
Précipitations annuelles		857.5 mm	455.3 mm	-402.2 mm
Moyenne annuelle des températures	Maximale	16.8 °C	16.9 °C	0.1 °C
	Minimale	1.4 °C	1.7 °C	0.3 °C
Evapotranspiration annuelle		1,300.25 mm	1,294.81 mm	-5.44 mm
Surface sous irrigation optimale hors projet	Pommes de terre (précoces)	1.85 ha	1.14 ha	-0.71 ha (-62.28 %)
	Fèves (sèches)	0.80 ha	0.49 ha	-0.31 ha (-63.27 %)
	Carottes	0.43 ha	0.27 ha	-0.16 ha (-59.26 %)
	Avoine (fourrage)	0.80 ha	0.49 ha	-0.31 ha (-63.27 %)
	Glaïeux	0.49 ha	0.30 ha	-0.19 ha (-63.33 %)
	Pommes de terre (tardives)	4.37 ha	2.69 ha	-1.68 ha (-62.45 %)
Surface sous irrigation optimale avec projet	Pommes de terre (précoces)	18.61 ha	18.51 ha	-0.10 ha (-0.54 %)
	Fèves (sèches)	10.15 ha	10.10 ha	-0.05 ha (-0.50 %)
	Carottes	5.92 ha	5.89 ha	-0.03 ha (-0.51 %)
	Avoine (fourrage)	8.46 ha	8.41 ha	-0.05 ha (-0.59 %)
	Glaïeux	8.46 ha	8.41 ha	-0.05 ha (-0.59 %)
	Surface totale	51.60 ha	51.32 ha	-0.28 ha (-0.55 %)

Source : adelphi/EURAC 2014, basé sur le logiciel ABRO software et les données modélisées de la station de Toralapa.

L'impact potentiel futur du changement climatique

Les informations utilisées sont issues du modèle régional PRECIS (« Prévoir les climats régionaux pour les études d'impact ») dans le but d'analyser l'impact potentiel futur du changement climatique sur l'activité productive de Chullcu Mayu. Ce modèle considère la période de 1961 à 1990 comme le présent et la période de 2001 à 2030 comme le futur. Pour la période présente, on a calculé la moyenne des précipitations

et des températures puis on a projeté les conditions climatiques futures. Le modèle prévoit une augmentation de la température de 1.6°C et une tendance contrastée en ce qui concerne les précipitations. Les projections prévoient une baisse de 26% des précipitations pendant la saison sèche et une augmentation de 26% pendant la saison des pluies.

Il faut noter que les informations climatiques sur les projections futures montrent une bonne constance dans l'augmentation et la magnitude des précipitations et des températures maximales, par rapport aux relevés dans le temps. Cependant, la tendance des températures minimales va à l'encontre des relevés historiques. Dans le futur, la température minimale va avoir tendance à augmenter, bien que les relevés historiques montrent une tendance à la baisse. Malgré cette incohérence et le niveau d'incertitude contenu dans le modèle sur le changement climatique, les résultats du modèle PRECIS ont été présentés à l'occasion de la Deuxième communication nationale à la CCNUCCC ; par conséquent, jusqu'à cette présentation les données se rapportent aux informations officielles du pays. Les données climatiques actuelles et futures ont été introduites dans le modèle ABRO de façon à observer l'impact du changement climatique sur la superficie de terres sous irrigation optimale pour la zone de Chullcu Mayu.

Le tableau 12 illustre les conditions climatiques futures prévues : des précipitations annuelles moyennes plus importantes de 129 mm, une augmentation de la température moyenne minimale de 2.2°C à 3.8°C, et une augmentation des températures maximales moyennes de 16.1°C à 17.7°C. En général, ceci pourrait signifier une amélioration globale des conditions climatiques pour la production agricole de Chullcu Mayu. Cependant, l'augmentation des températures entraînera une augmentation de l'évapotranspiration, ce qui va accroître les besoins en eau des cultures et compenser l'augmentation des précipitations, résultant *in fine* par une augmentation nette de 72 mm seulement.

L'augmentation de l'évapotranspiration dans le futur nécessite une attention spéciale car il s'agit de considérer quelles sont les cultures adaptées aux conditions climatiques futures et qui optimiseront l'usage de l'eau et du sol pour assurer une production agricole durable. C'est pourquoi une des stratégies futures pour réduire la vulnérabilité au changement climatique s'attachera à semer plusieurs types de cultures en prenant en compte leurs besoins en eau, afin de réduire la sensibilité climatique du système agricole.

Si le projet d'irrigation technicisée n'existait pas, la communauté de Chullcu Mayu ne posséderait actuellement par exemple qu'une superficie de 5 ha de production sous irrigation optimale de pommes de terre (tardives) qui pourrait atteindre 6 ha à l'avenir (colonne A et B, section du milieu) en raison de l'augmentation des précipitations, ce qui est presque proportionnel à l'augmentation des surfaces cultivées.

La situation « avec projet » montre qu'avec les conditions climatiques actuelles, la superficie sous irrigation optimale aurait été de 57.9 ha ; dans les conditions climatiques futures elle sera de 52.1 ha (colonnes A et B, dernière ligne). Même si les précipitations annuelles moyennes augmentent de 20% sur l'année et en particulier pendant la saison humide, plusieurs mois de l'année voient une projection à la baisse du niveau

Tableau 12 : Superficie sous irrigation optimale dans les conditions climatiques actuelles et futures

Note : les cellules grisées correspondent à des cas simulés qui n'existent pas dans la réalité.

Année		A. 1960 – 1990	B. 2001 – 2030	C. Différence
Contexte de l'analyse		Conditions climatiques actuelles	Conditions climatiques futures	(Entre les conditions présentes et futures)
Précipitations annuelles		632.7 mm	752.4 mm	128.7 mm
Moyenne annuelle des températures	Maximale	16.1 °C	17.7 °C	1.6 °C
	Minimale	2.2 °C	3.8 °C	1.6 °C
Evapotranspiration annuelle		1,229.00 mm	1,285.62 mm	56.62 mm
Surface sous irrigation optimale <u>hors projet</u>	Pommes de terre (précoces)	2.09 ha	2.55 ha	0.46 ha (+22.01 %)
	Fèves (sèches)	0.90 ha	1.11 ha	0.21 ha (+23.33 %)
	Carottes	0.49 ha	0.60 ha	0.11 ha (+22.45 %)
	Avoine (fourrage)	0.90 ha	1.11 ha	0.21 ha (+23.33 %)
	Glaïeuls	0.56 ha	0.68 ha	0.12 ha (+21.43 %)
	Pomme de terre (tardives)	4.94 ha	6.05 ha	1.11 ha (+22.47 %)
Surface sous irrigation optimale <u>avec projet</u>	Pommes de terre (précoces)	20.87 ha	18.79 ha	-2.08 ha (-9.97 %)
	Fèves (sèches)	11.38 ha	10.25 ha	-1.13 ha (-9.93 %)
	Carottes	6.64 ha	5.98 ha	-0.66 ha (-9.94 %)
	Avoine (fourrage)	9.48 ha	8.54 ha	-0.94 ha (-9.92 %)
	Glaïeuls	9.48 ha	8.54 ha	-0.94 ha (-9.92 %)
	Surface totale	57.85 ha	52.10 ha	-5.75 ha (-9.94 %)

Source : adelphi/EURAC 2014, basé sur le logiciel ABRO software et le données modélisées de la station de Toralapa.

des précipitations par rapport au niveau actuel. En prenant en compte le niveau plus bas des précipitations et une augmentation de l'évapotranspiration en raison de la montée des températures dans le futur, la superficie sous irrigation optimale « avec projet » sera de 10% inférieure à ce qu'elle aurait été dans la période présente si le projet avait déjà été mis en œuvre.

De plus, l'exercice conduit avec le logiciel ABRO pour les projections futures n'a pas ajusté à l'introduction de différents types de cultures sous les nouvelles conditions climatiques et par conséquent, les besoins en eau n'ont pas été ajustés. C'est pourquoi la superficie irriguée diminue dans le futur alors qu'en réalité cette réduction est due au maintien des « anciens » types de cultures (les mêmes que dans la période présente) dans le logiciel ABRO.

Ceci montre qu'une stratégie dont le but est d'atténuer les impacts potentiels du changement climatique sur les surfaces cultivées consisterait à réduire les effets de l'augmentation de l'évapotranspiration et à profiter de l'augmentation des précipitations durant quelques mois de l'année de la façon suivante : i) ajustement aux types de cultures semées, introduction de cultures nécessitant moins d'eau et adaptées aux conditions climatiques futures, et ii) ajustement au calendrier agricole.

Recommandations issues de l'analyse de vulnérabilité

Les relevés climatiques relatifs à la pluviométrie et aux températures utilisés dans cette étude de cas montrent de façon évidente la constance de l'évolution climatique et que celle-ci affecte souvent l'activité agricole de façon négative. Cependant, tant que le système d'irrigation technicisée fonctionne et que les capacités d'adaptation sont renforcées (par exemple en s'adaptant au calendrier agricole), ces impacts ne seront pas significatifs pour les fermiers de Chullcu Mayu. Une stratégie de réduction des impacts climatiques potentiels dans les zones de culture serait de réduire les effets de l'augmentation de l'évapotranspiration et de profiter de l'augmentation des précipitations pendant quelques mois de l'année de la façon suivante : i) ajustement des types de cultures semées, introduction de cultures ayant des besoins en eau plus faibles, et ii) ajustement au calendrier agricole. Ceci montre le besoin d'inclure une assistance technique intégrée dans la conception des projets de façon à réaliser des ajustements selon les variations climatiques, ainsi que l'importance d'effectuer un suivi des conditions climatiques afin d'ajuster les mesures de développement agricole et d'optimiser les ressources.

Même si la mise en application de l'irrigation technicisée à Chullcu Mayu a réduit la vulnérabilité climatique vers des niveaux plus bas, il demeure un impact résiduel, dans les conditions climatiques actuelles, qui pourrait être encore plus réduit à travers des ajustements de types de cultures semées ainsi que d'autres mesures pour renforcer la capacité d'adaptation des agriculteurs dans la communauté.

C'est pourquoi il est important de reconnaître les déterminants de la vulnérabilité du système analysé, car le processus d'adaptation au changement climatique appelle plusieurs stratégies dans plusieurs domaines tels que : i) la gestion productive du système (au niveaux des infrastructures, des capacités d'adaptation et pour maintenir l'efficacité du système), ii) dans le domaine de l'organisation productive afin d'améliorer les

capacité de négociation permettant au groupe un meilleur accès aux ressources, aux technologies et au savoir, et iii) dans le domaine de l'assistance technique intégrale aux agriculteurs au niveau d'infrastructures qui sont normalement portées par des services extérieurs (municipaux ou nationaux) de façon à garantir un assistance technique aux investissement du secteur public.

C'est pourquoi la mise en œuvre de projets productifs requiert une approche intégrée qui puisse améliorer la capacité d'adaptation et réduire la sensibilité climatique, considérant les facteurs climatiques et leur influence sur les ressources naturelles (l'eau, le sol, les cultures). Aussi, le suivi de ces facteurs climatiques et des résultats stratégiques qui ont été atteints est essentiel afin de réaliser les ajustements nécessaires au système et d'optimiser les ressources.

De façon à tirer profit du système d'irrigation technicisé dans la communauté, la capacité d'adaptation des agriculteurs devrait être renforcée. Il se peut que cela ne soit pas possible dans certains domaines, comme par exemple l'accès aux terres qui est limité à Chullcu Mayu, sans que l'on puisse changer cet état de fait dans le futur. Cependant des aspects comme le savoir et les technologies, ainsi que l'accès à l'assistance technique pourraient être optimisés, réduisant ainsi la vulnérabilité des agriculteurs au changement climatique. Ceci ne signifie pas pour autant que les agriculteurs auront besoin d'un appui externe, mais ils auront besoin de renforcer leurs réseaux et leurs alliances afin de pouvoir négocier dans de meilleures conditions avec la municipalité, les organismes non gouvernementaux, les programmes ruraux gouvernementaux, de façon à bénéficier de meilleurs services pour soutenir leur production. De plus, les agriculteurs ont besoin de plus d'information sur les prix et les marchés, les produits et les intrants agricoles, ce qui pourrait être obtenu via une organisation socio-productive forte dans la communauté.

Même si le système d'irrigation permet de réduire la vulnérabilité à l'évolution des précipitations et des températures, son effet est limité sur la suppression ou la réduction des impacts négatifs du gel sur la production agricole. C'est pourquoi, il est nécessaire d'établir des stratégies d'adaptation de façon à éviter les dégâts et les pertes causées par le gel. Une analyse similaire devrait être réalisée pour les orages de grêle.

Etant donné que dans le cadre de cette étude de cas, la superficie sous irrigation optimale a été utilisée comme indicateur indirect du changement climatique, en gardant constantes les autres variables du système d'irrigation, il est nécessaire de suivre périodiquement l'efficacité et la quantité d'eau qui soutiennent le système d'irrigation technicisée, en s'assurant que ceux-ci ne tombent pas en deçà des niveaux de conception.

Leçons apprises de la mise en œuvre de l'analyse de vulnérabilité

Pour développer une analyse de vulnérabilité, il est important de bien comprendre la chaîne d'impact, car elle apporte une bonne visibilité sur les relations de cause à effet dans le système analysé et permet l'identification de points d'entrée pour les mesures d'adaptation. C'est pourquoi, l'analyse de la chaîne d'impact à l'aide d'une méthode participative qui permet d'impliquer plusieurs acteurs est utilisée pour améliorer la compréhension de la vulnérabilité du système et des besoins d'adaptation. Cet outil

constitue non seulement un guide pour avancer dans l'analyse en identifiant les facteurs de vulnérabilité, mais il peut également être utilisé pour améliorer la prise de conscience des besoins d'adaptation au changement climatique et de développement des capacités.

En ce qui concerne les approches quantitatives basées des données temporelles, on constate souvent un décalage entre les informations requises pour mener à bien une analyse de vulnérabilité et les informations disponibles, qu'elles soient de l'ordre historique ou des modèles futurs et un niveau d'incertitude élevé. C'est pourquoi il est important de trouver un équilibre entre les efforts importants de l'approche quantitative et le pouvoir explicatif des résultats quantitatifs. Souvent la valeur ajoutée de l'analyse tiendra dans la compréhension de la vulnérabilité du système, dans l'identification des points d'entrée pour l'adaptation, dans la définition des indicateurs de suivi et dans le suivi des mesures.

Un élément qui était en attente dans le cas de l'étude de Chullcu Mayu était d'apporter un retour sur les résultats de l'analyse aux agriculteurs ayant bénéficié du projet d'irrigation technicisée, ce qui n'a pas été possible par manque de temps. Cependant il est recommandé de faire un retour aux acteurs locaux sur les éléments fondamentaux qui vont entraîner des résultats et qui doivent être mis en œuvre par les parties prenantes impliquées dans le système analysé.

Les commentaires et suggestions sur l'étude de cas peuvent être adressés à :
till.below@giz.de

