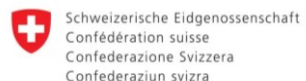


Pflanzenschutztagung Ackerbau 2026– 16. Januar 2026



Konzeption und Funktionsweise des Modells

S. Masson, E. Yan, D. Pasquier, V. Bibard, L. Bonin, D. Bouttet, F. Duroueix, L. Gautellier-Vizioz, J. Labreuche, G. Malatesta, N. Munier-Jolain, P. Pierson, F. Piraux, A. Rodriguez, C. Royer, A-L. Toupet De Cordoue, F. Vuillemin, J. Wirth, B. Perriot, S. Cordeau



Agroscope

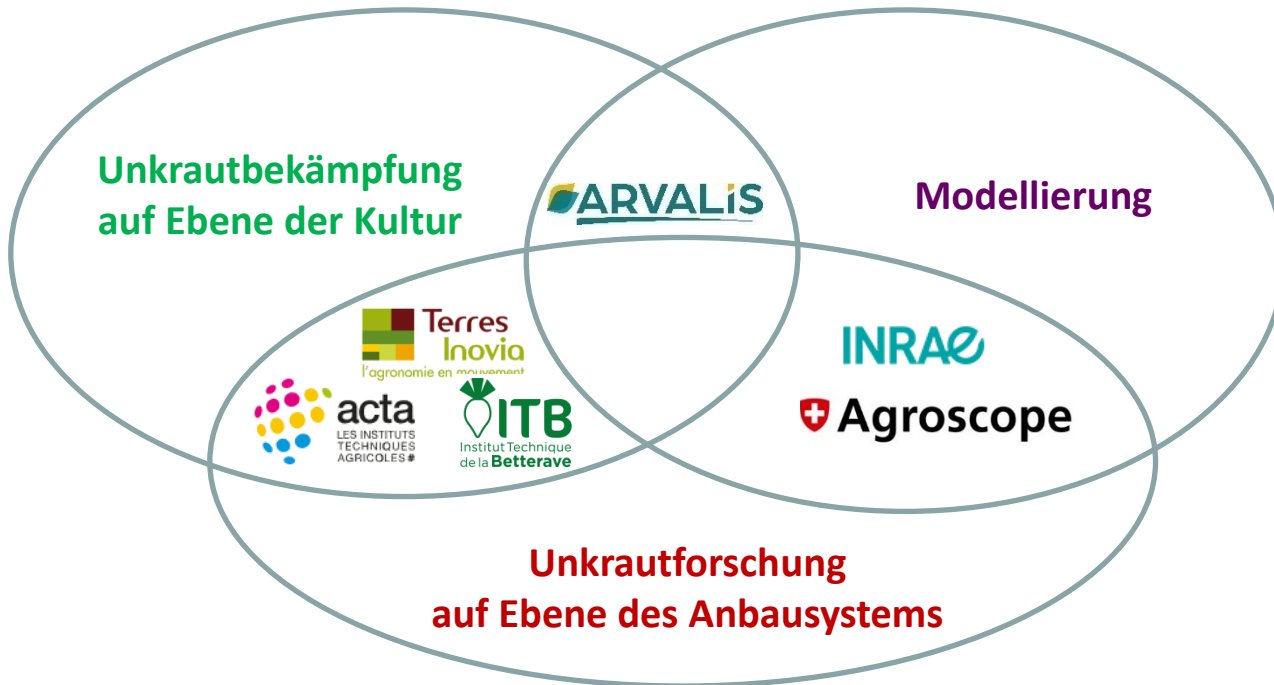


Avec la contribution financière du compte d'affectation spéciale développement agricole et rural CASDAR

 **MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA SOUVERAINÉTÉ ALIMENTAIRE**
Liberté
Égalité
Fraternité



Darstellung des Wissens über Unkrautbekämpfung in einem Modell



- ⇒ Ein Bayes'sche Modell, bestehend aus:
 - einer **grafischen Darstellung** von Zufallsvariablen (gerichteter azyklischer Graph, DAG)
 - **Bedingte Wahrscheinlichkeitstabellen**, die Variablen miteinander verknüpfen (Pearl, 1995)
- ⇒ 19 Experten aus französischen und schweizerischen landwirtschaftlich technischen und Forschungsinstituten
- ⇒ **19 Workshops** zwischen 2023 und 2024 um das Modell zu entwickeln (Gavrilova & Andreeva, 2012).



Ein Modell zur Bewertung integrierter Unkrautbekämpfungsstrategien

Zwischenfruchtanbau
z. B. Bodenbearbeitung,
Zwischenbegrünung



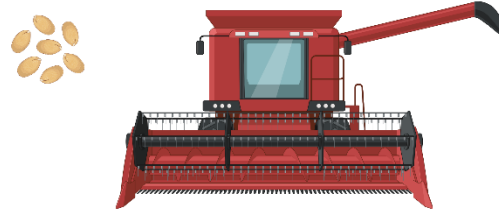
Bodenbedeckung und Anbaumethoden
z. B. Untersaat



Kurative Bekämpfungsmethoden
z. B. mechanische und chemische
Unkrautbekämpfung



Unkrautsamen-Reduzierung bei der Ernte
z. B. Unkrautsamen mit der Spreu abfangen



89 Variablen, 115 bedingte Verknüpfungen
Landwirtschaftliche Praktiken, Boden und Klima, Merkmale der Unkräuter

4 Unkrautvariablen

- Samenvorrat im Boden
- Unkrautdichte
- Biomasse
- Entwicklungsstadium

4 Zielvariablen

- Ertragsverlust durch Unkraut
- Veränderung des Unkraut Samenvorrats
- Erntebeeinträchtigung und giftige Unkrautsamen
- Zufriedenheit mit der Unkrautbekämpfung

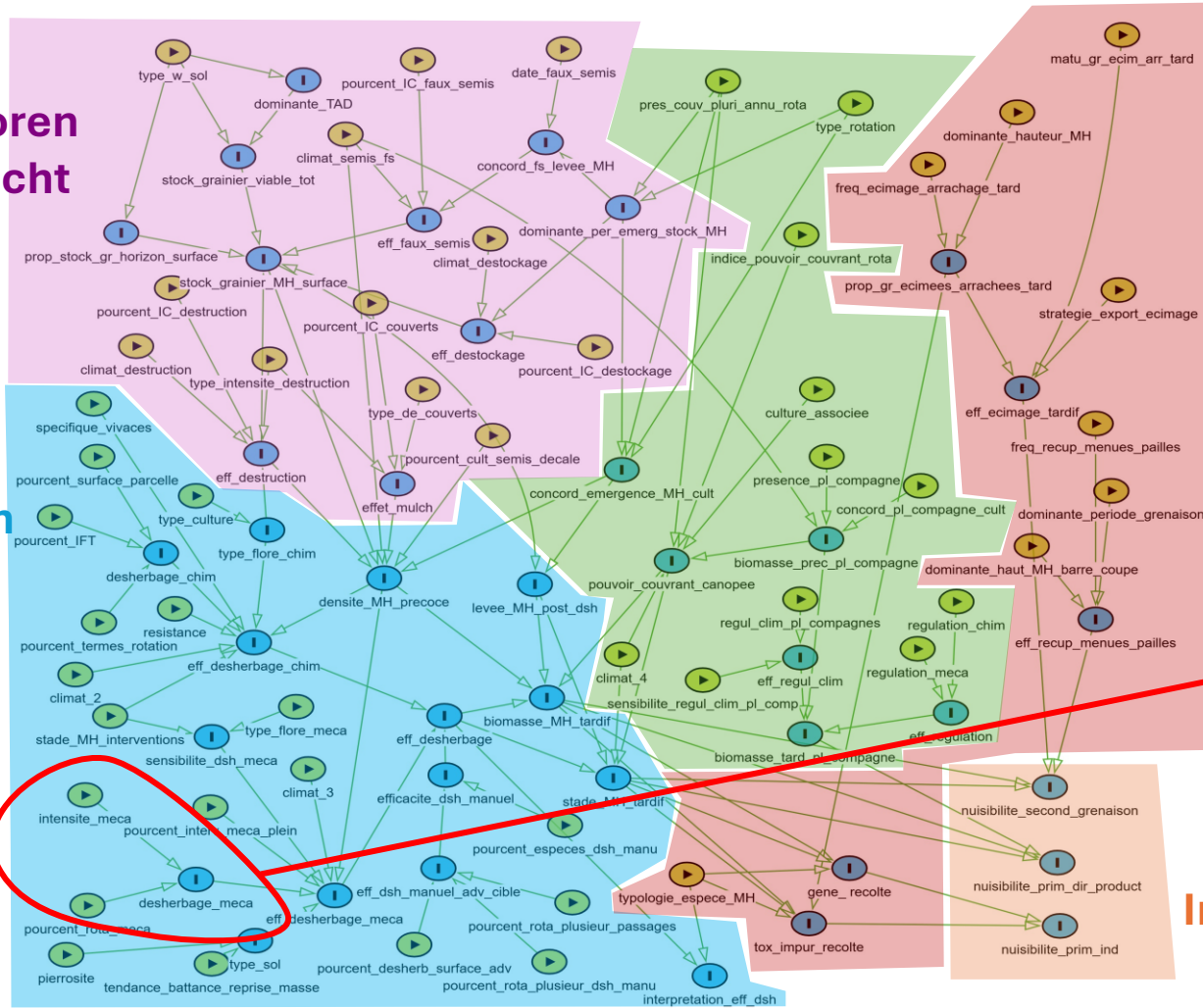


Struktur des COMBHERPIC-Modells



Einflussfaktoren Fruchtfolge und Konkurrenzkraft der Kultur

Einflussfaktoren Zwischenfrucht anbau

Einflussfaktoren kulturelle Praktiken



Einflussfaktoren im späten Stadium der Kultur

 Eingabevariablen
 Berechnete Variablen

Ursache-Wirkungs-Zusammenhang, parametrisiert durch bedingte Wahrscheinlichkeiten

Intensität der mechanischen UK Bekämpfung

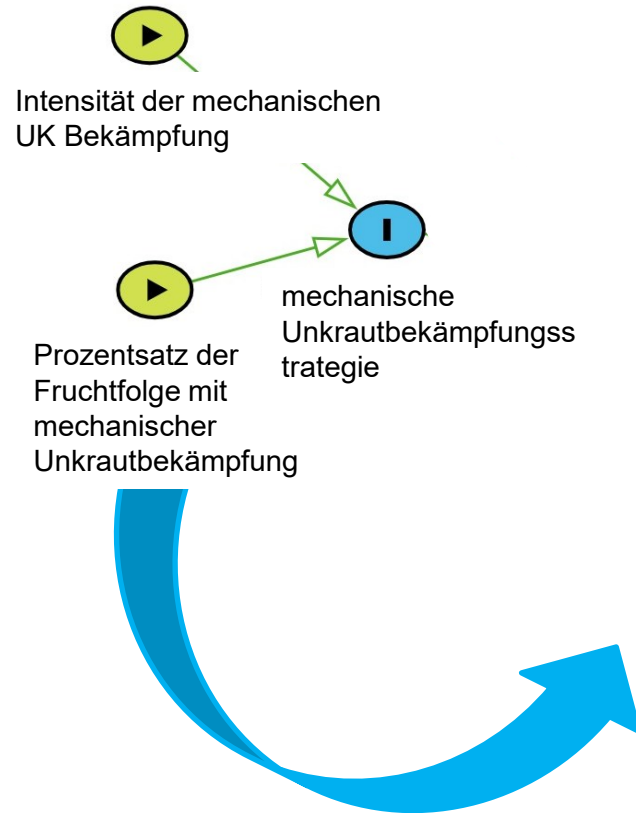
Prozentsatz der Fruchtfolge mit mechanischer Unkrautbekämpfung

mechanische Unkrautbekämpfungsstrategie

Indikatoren für die Schädlichkeit



Beispiel für die Wahrscheinlichkeitstabelle der Variable „mechanische Unkrautbekämpfungsstrategie“



Prozent_Fruchtfolge_mecha = % der Kulturen in der Fruchtfolge mit mechanischer Unkrautbekämpfung	Intensität_mecha = Durchschnittliche Anzahl der Durchgänge pro Kultur	mechanische Unkrautbekämpfungsstrategie			
		Keine	Gering	Mittel	Intensiv
0	< 2 Durchgänge	100	0	0	0
0	2 bis 3	100	0	0	0
0	> 3	100	0	0	0
20-50	< 2 Durchgänge	0	100	0	0
20-50	2 bis 3	0	70	30	0
20-50	> 3	0	40	60	0
50-80	< 2 Durchgänge	0	60	40	0
50-80	2 bis 3	0	0	90	10
50-80	> 3	0	0	60	40
>80	< 2 Durchgänge	0	0	50	50
>80	2 bis 3	0	0	20	80
>80	> 3	0	0	0	100



Modellierte theoretische Anbausysteme

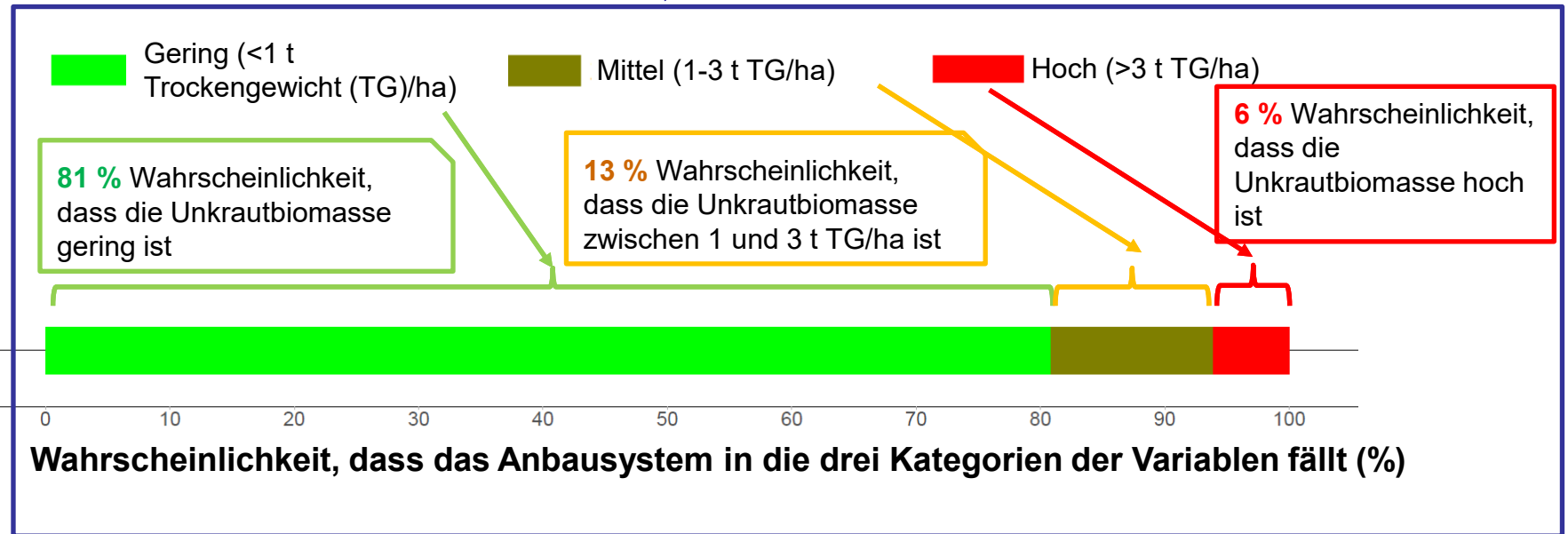
Angewandte landwirtschaftliche Praktiken	Referenz konventionelles System	Referenz mit resistenten Gräsern	Reduzierte Bodenbearbeitung	Direktsaat und Bodenbedeckung	Integrierter Pflanzenschutz	Keine Herbizide und integrierter Pflanzenschutz
	Konv. ohne Resistenz	Konv. mit Resistenz	Reduzierte BB	Direktsaat	IP	0Herb-IP
Länge der Fruchtfolge	Kurz (3 Jahre)	Kurz (3 Jahre)	Kurz (3 Jahre)	Kurz (3 Jahre)	Kurz (3 Jahre)	Lang (6 Jahre)
Art der Fruchtfolge	100 % Winterkulturen	100 % Winterkulturen	100 % Winterkulturen	100 % Winterkulturen	100 % Winterkulturen	50 % Winterkulturen
Häufigkeit des Pflügens	Jährliches Pflügen	Jährliches Pflügen	Gelegentliches Pflügen	Kein Pflügen	Gelegentliches Pflügen	Gelegentliches Pflügen
Management des Unkrautsamenvorrats	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Stoppelbearbeitung falsches Saatbett und Unkrautbekämpfung	Direktsaat	Stoppelbearbeitung falsches Saatbett und Unkrautbekämpfung	Stoppelbearbeitung falsches Saatbett und Unkrautbekämpfung
Zwischenfruchtanbau	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Ja (> 60 % der Kulturen)	Nicht vorhanden	Ja (> 30% der Kulturen)
Späterer Saatzeitpunkt	Nicht angewandt	Nicht angewandt	Ja	Nicht angewandt	Ja	Ja
Untersaaten	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Ja	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden
Herbizid Einsatz	Herbizide mit voller Aufwandmenge	Herbizide mit voller Aufwandmenge	Herbizide mit voller Aufwandmenge	Herbizide mit voller Aufwandmenge	Herbizide mit reduzierter Aufwandmenge	Keine Herbizide
Mechanische Unkrautbekämpfung	Nicht angewandt	Nicht angewandt	Nicht angewandt	Nicht angewandt	Intensive mechanische Unkrautbekämpfung	Intensive mechanische Unkrautbekämpfung
Unkrautsamen-Reduzierung bei der Ernte	Nicht angewandt	Nicht angewandt	Nicht angewandt	Nicht angewandt	Köpfen der Unkräuter und Abtransport der Samen	Köpfen der Unkräuter und Abtransport der Samen
Unkrautbesatz	Nichts spezielles	Resistente Gräser	Nichts spezielles	Nichts spezielles	Nichts spezielles	Nichts spezielles

Masson et al., 2025 – in Bearbeitung



Interpretieren der Modellvorhersagen: Beispiel Unkrautbiomasse

Unkrautbiomasse im späten Stadium der Kultur = 3 Kategorien



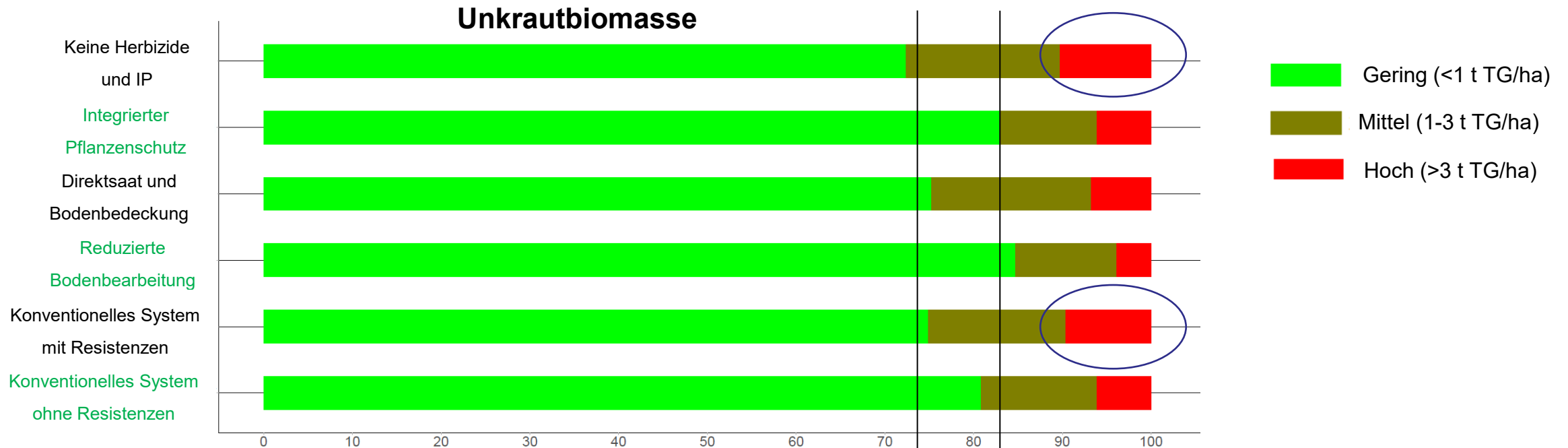
Konventionell ohne Resistenz

Das im Modell erfasste Anbausystem

Das Ergebnis der Modellvorhersage



Auswirkungen der Anbausysteme auf die Unkrautbiomasse

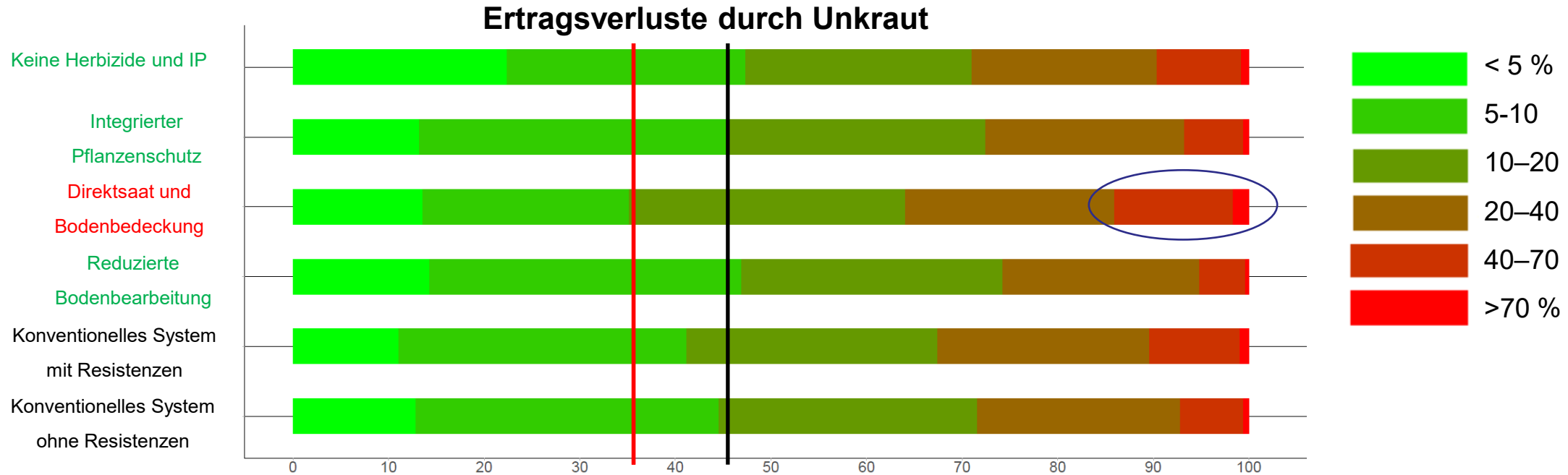


Wahrscheinlichkeit, für Entwicklung der Unkrautbiomasse in den unterschiedlichen Anbausystemen

- **IP** und **reduzierte Bodenbearbeitung** zeigen ähnliche Ergebnisse wie das **konventionelle System ohne Resistenzen**
= **80-85 %** Wahrscheinlichkeit, eine **geringe** Unkrautbiomasse (<1 t TG/ha) zu entwickeln
- Bei **Direktsaat, keine Herbizide und IP** und im **konventionellen System mit Resistenzen** entwickeln sich tendenzielle mehr Unkräuter
= **70–75 %** Wahrscheinlichkeit, eine **geringe** Unkrautbiomasse (<1 t TG/ha) zu entwickeln.
- Vor allem **ohne Herbizide und IP** und im **konventionellen System mit Resistenzen** ist die Wahrscheinlichkeit für eine **hohe Biomasse (>3 t TG/ha)** **doppelt so hoch** wie in den anderen Systemen (~10 %).



Auswirkung der Anbausysteme auf Ertragsverluste durch Unkraut

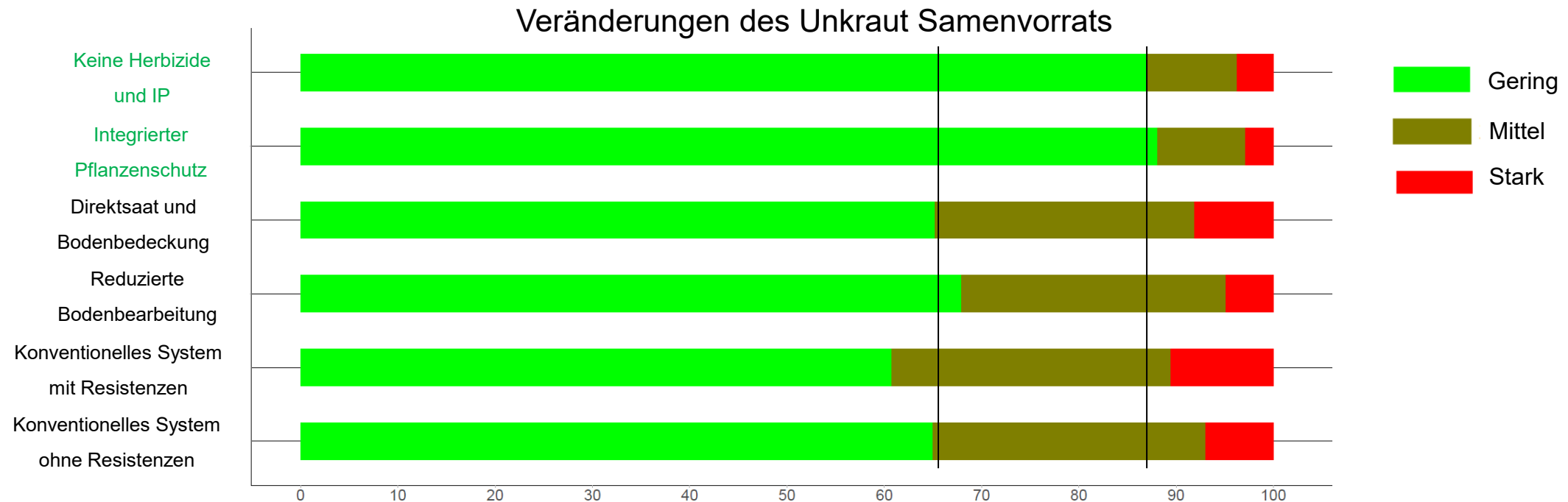


Wahrscheinlichkeit, für Ertragsverluste durch Unkräuter in den unterschiedlichen Anbausystemen

- Ähnliche Ergebnisse im System **ohne Herbizide und IP**, bei **IP**, bei **reduzierter Bodenbearbeitung** und im **konventionellen System ohne Resistenzen** = **45 %** Wahrscheinlichkeit eines **Ertragsverlusts <10 %**
- **Direktsaat** = **35 %** Wahrscheinlichkeit eines **Ertragsverlusts <10 %**
- Im **konventionellen System mit Resistenzen** = **40 %** Wahrscheinlichkeit eines **Ertragsverlusts <10 %**



Auswirkung der Systeme auf Veränderungen des Unkraut Samenvorrats



Wahrscheinlichkeit, für Veränderungen des Unkraut Samenvorrats in den unterschiedlichen Anbausystemen

- In den Systemen **ohne Herbizide und IP** und **bei IP** = deutlicher Effekt der Unkrautsamen-Reduzierung bei der Ernte
- das führt zu einer **30 % höheren Wahrscheinlichkeit**, dass die Zunahme des Unkrautsamenvorrats im Boden gering ist



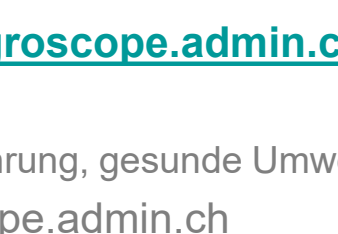
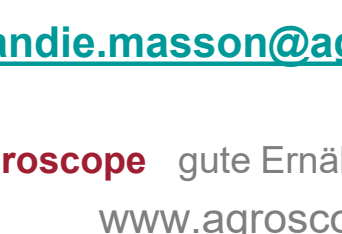
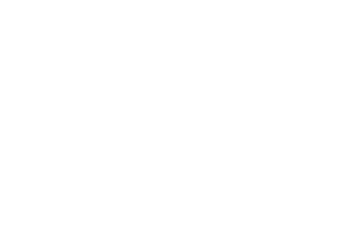
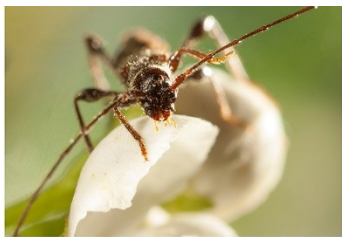
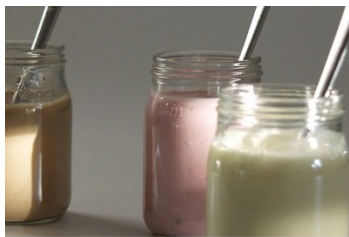
Schlussfolgerung und Diskussion

- Die **Vorhersagen des COMBHERPIC-Modells stimmen** mit den Ergebnissen aus Anbausystemversuchen und den Simulationen des FlorSys-Modells **überein**:
 - Wenn sie mit anderen Massnahmen zur Unkrautbekämpfung kombiniert wird, **führt die Reduzierung von Herbiziden nicht zu einer höheren Unkrautbiomasse oder Ertragsverlusten** (Adeux et al., 2019; Masson et al. 2024).
 - Selbst in Kombination mit anderen Massnahmen **erfordert ein kompletter Verzicht auf Bodenbearbeitung den Einsatz von Herbiziden**, um das Unkraut auf einem Niveau zu halten, das keine Ertragseinbussen verursacht (Colbach & Cordeau, 2022; Cordeau, 2024; Pittelkow et al., 2014).
- Das **COMBHERPIC-Modell zeichnet sich aus** durch:
 - den probabilistischen Ansatz
 - ein Schema zur Darstellung der Variablen
 - die Einbeziehung von Experten aus verschiedenen Fachbereichen
 - die Auswertung anhand von Versuchsdaten zeigte **eine Tendenz zur Überschätzung der Ertragsverluste.**



Perspektiven

- Das Modell ist kostenlos im Internet verfügbar (Mit R-Skript – eher für die Forschung): <https://entrepot.recherche.data.gouv.fr/dataverse/combherpic/>
- Eine benutzerfreundliche Schnittstelle für **Berater und Landwirte wird derzeit für 2026-2027** entwickelt.
- Mit Hilfe des Modells, können Berater und Landwirte simulieren, **wie sich Veränderungen im Anbausystem auf das Unkrautvorkommen auswirken**. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Systeme über lange Jahre konstant bleiben.
- Unser Ziel im Rahmen des Aktivitätsprogramms 2026–2030 ist die **Entwicklung eines dynamischen Entscheidungshilfetools**, das Landwirt:innen ermöglicht, Unkraut während jeder Anbausaison zu bekämpfen.
- Dabei sollen auch **Beobachtungen auf dem Feld, Wettervorhersagen** usw. mit einbezogen werden.



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

sandie.masson@agroscope.admin.ch

Agroscope gute Ernährung, gesunde Umwelt
www.agroscope.admin.ch

