

Gembloux, le 17 mars 2023

Julie Lebrun



INDIC'eau

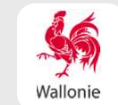
**Un indicateur pour réduire l'impact des herbicides
sur la qualité de l'eau**



LIÈGE université
Gembloux
Agro-Bio Tech

UCLouvain

Wallonie
recherche
CRA-W

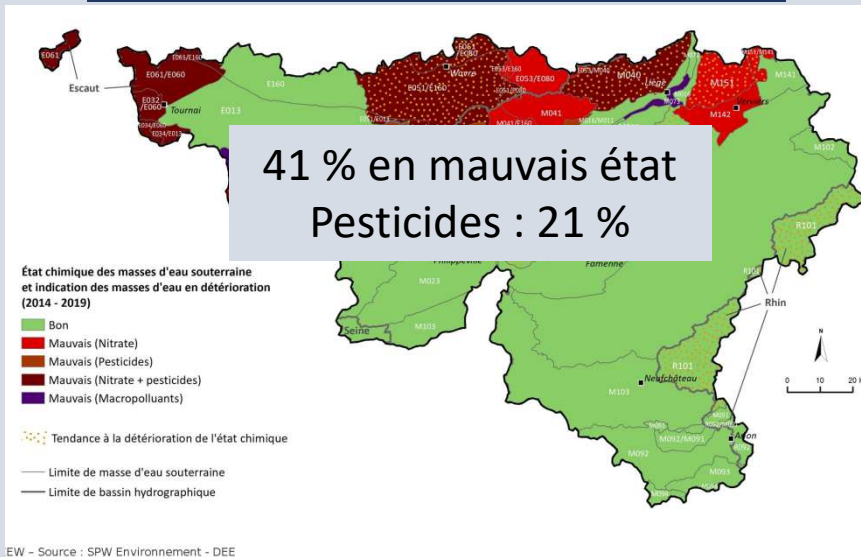




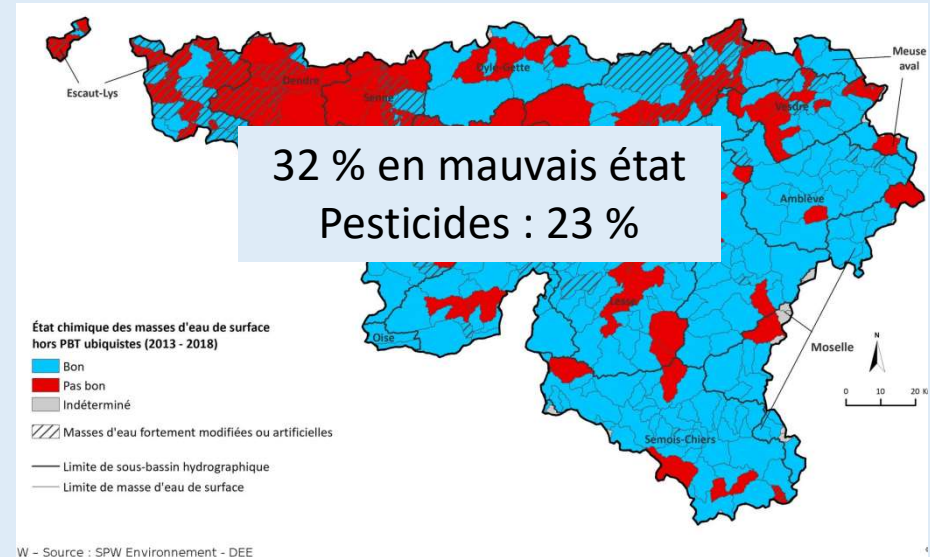
Contexte

PROTECT'eau a pour mission d'encadrer les agriculteurs pour préserver et améliorer la qualité des eaux de surface et souterraines.

EAUX SOUTERRAINES



EAUX DE SURFACE



Herbicides

2,4D	Métamitron
Bentazone	Métazachlore et mét.
Chlortoluron	Métribuzine
Diméthenamide-P	Pendiméthaline
Ethofumésate	S-métolachlore et mét.
Lénacile	Terbutylazine

Herbicides

Insecticides

Aclonifène	MCPA	Cyperméthrine
Bifénox	Métobromuron	
Diflufenican	Métribuzine	
Flufenacet	Prosulfocarbe	

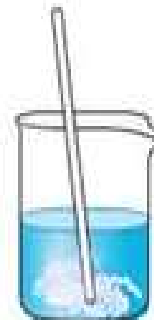
PROTECT'eau s'intéresse aux **substances actives à usage agricole** retrouvées dans les masses d'eau qui sont principalement des **herbicides**.

Pourquoi les herbicides ?

Faible affinité avec
la MO



Soluble et stable
dans l'eau



Persistence



Contexte



PROTECT'eau s'intéresse aux **substances actives à usage agricole** retrouvées dans les masses d'eau qui sont principalement des **herbicides**.

Pourquoi les herbicides ?

Application au printemps

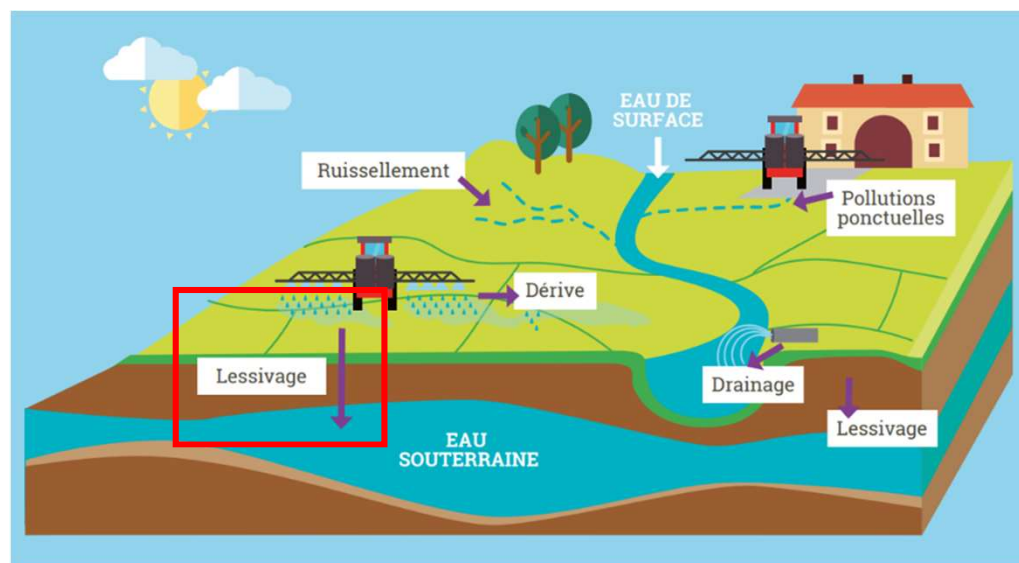




PROTECT'eau

Contexte

En ferme, PROTECT'eau accompagne les agriculteurs dans leur réflexion visant à réduire l'impact de ces substances actives sur la qualité de l'eau.



➤ Besoin d'un outil pour :

- objectiver l'utilisation de ces substances
- caractériser le risque de transfert des PPP vers la ressource en eau
- suivre l'évolution de ce risque selon les changements de pratiques mis en œuvre

Contexte



Développement d'un **nouvel indicateur** pour établir des diagnostics en ferme.

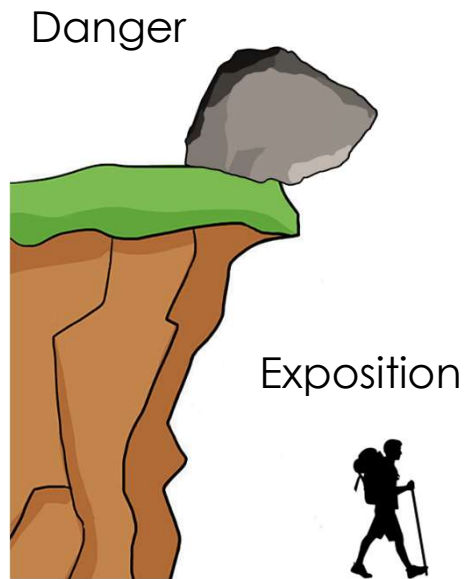
INDIC'eau

Indicateur de risque de transfert
de produits phyto vers la ressource
en eau



Qu'est-ce qu'un risque ?

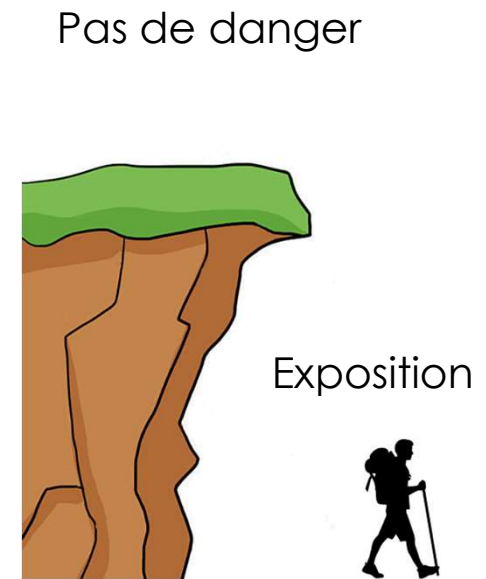
Risque = exposition x danger



= Un risque



= Pas de risque



= Pas de risque



Indicateur de risque pour l'eau

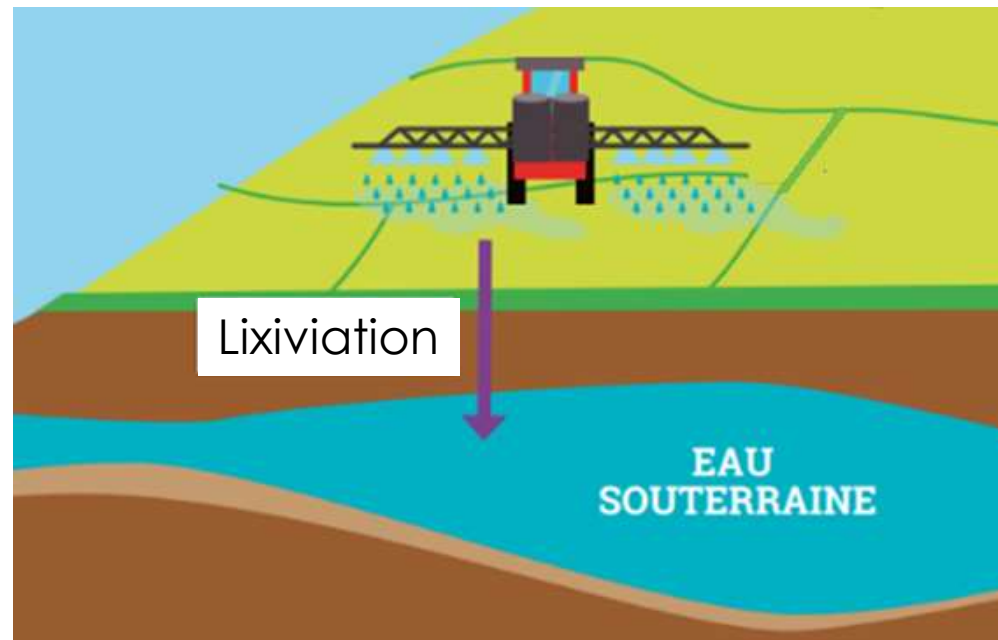
Risque Eau = exposition x danger

Quantités appliquées



Potentiel de lixiviation

Propriétés physico-chimiques des substances actives





Indicateur de risque pour l'eau

$$\text{Risque Eau} = \text{exposition} \times \text{danger}$$

Quantités de substances actives appliquées



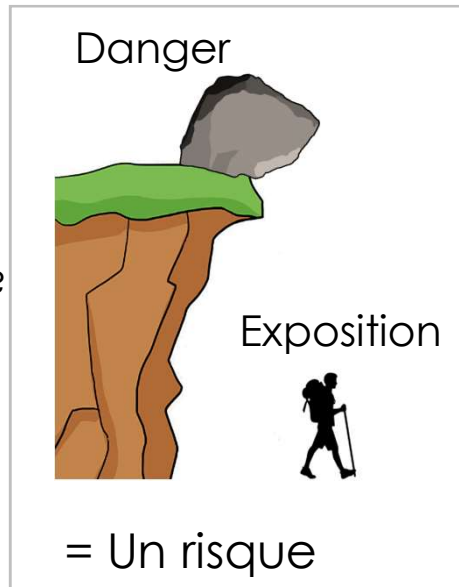
↓ Réduire les doses ?
Désherbage mécanique ?



Potentiel de lixiviation des substances actives



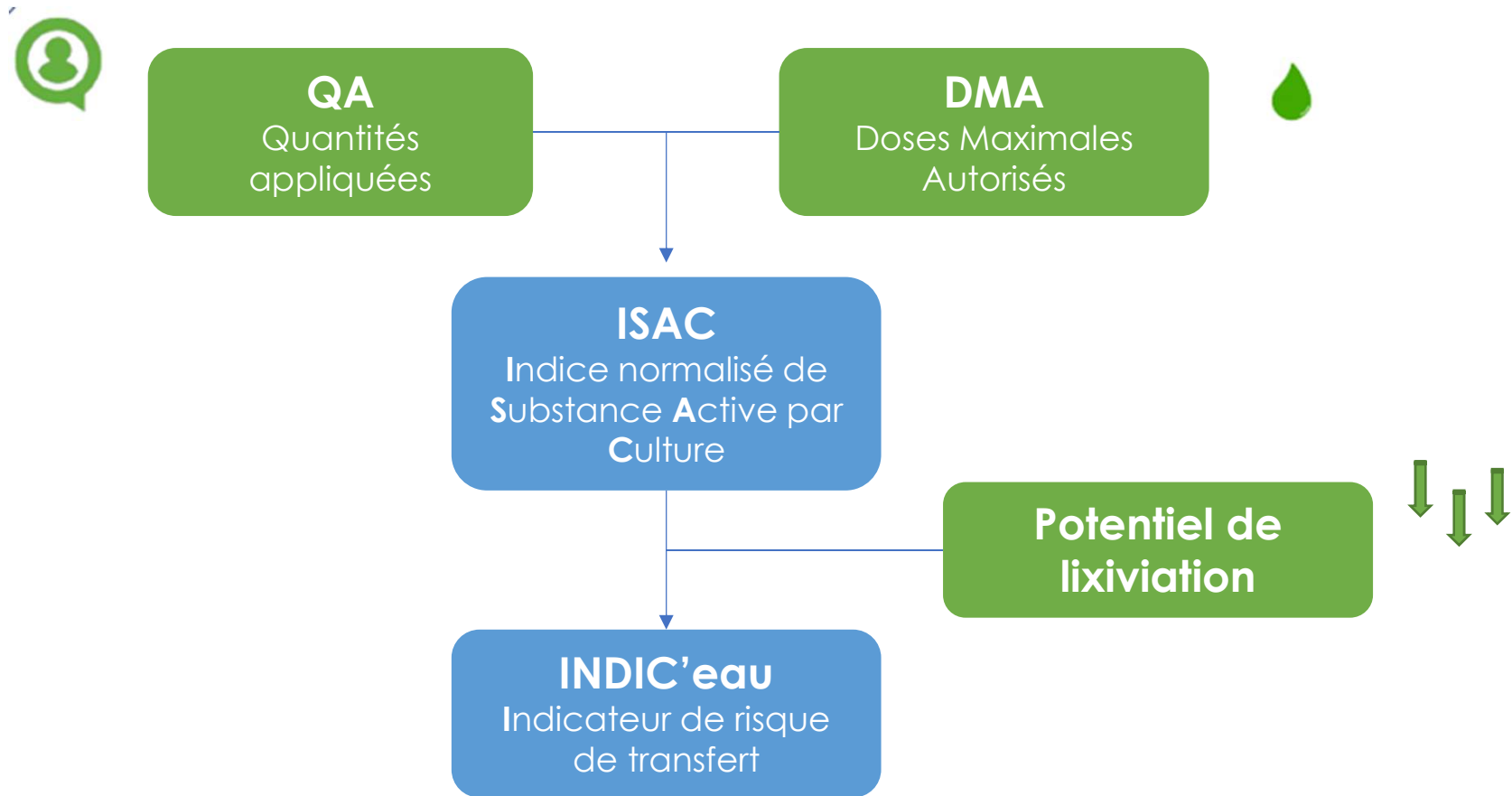
↓ Substitution de substances actives ?





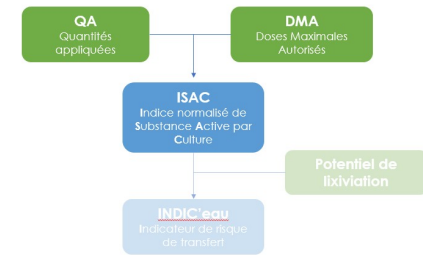
Contexte

PROTECT'eau un **nouvel indicateur** pour établir des diagnostics en ferme.





1. L'ISAC'eau



ISAC = Indice normalisé de **S**ubstance **A**ctive par **C**ulture

Indice permettant d'objectiver **les quantités** de substances actives utilisées par culture par un agriculteur

ISAC'eau = L' ISAC calculé en tenant compte uniquement **des s.a. problématiques pour la qualité de l'eau**



PROTECT'eau

Liste des s.a. problématiques par culture

ESO : Eaux souterraines

ESU : Eaux de surface

Substance active	Exemple de produit commercial usuel	Culture cible principale	Risque potentiel
Diméthanamide-P	FRONTIER ELITE	Betterave/Maïs	ESO
Ethofumésate	KEMIRON SC	Betterave	ESO
Lénacile	VENZAR	Betterave	ESO
Métamitron	GOLTIX 700 SC	Betterave	ESO
2,4D	U-46-D-500	Céréales	ESO
Bifénox	FOX 480 SC	Céréales	ESU
Chlortoluron	LENTIPUR 500 SC	Céréales	ESO
Diflufénican	DIFLANIL 500 SC	Céréales	ESU
Flufénacet	FLUENT 500 SC	Céréales/Maïs	ESU
MCPA	U 46 M	Céréales	ESU
MCP	DUPLOSAN	Céréales	ESO
Pendiméthaline	STOMP AQUA	Céréales/Maïs	ESO
Cyperméthrine	FASTAC	Céréales/Colza	ESU
Métazachlore	BUTISAN S	Colza	ESO
S-métolachlore	DUAL GOLD	Maïs	ESO
Terbuthylazine	CALLISTAR	Maïs	ESO
Bentazone	BASAGRAN SG	Pois, oignons	ESO
Aclonifène	CHALLENGE	Pommes de terre	ESU
Métobromuron	PROMAN	Pommes de terre	ESU
Métribuzine	SENCOR SC	Pommes de terre	ESU
Prosulfocarbe	DEFI	Pommes de terre	ESU



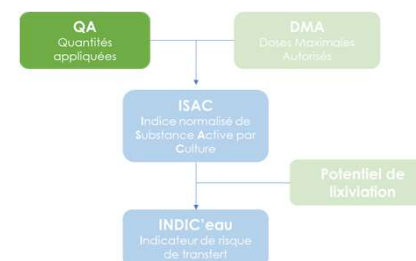
Wallonie



SPGE
Société Publique
de Gestion de l'Eau



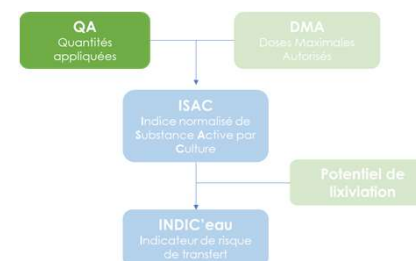
Comment calculer l'ISAC ?



Etape 1 – Collecte des données

Ex : Donnée d'une parcelle de maïs– 0,94 ha – Année 2021

Date	Nom Phytoweb	SA	Dose (kg ou L/ha)
20-05-2021	PRIMAGRAM GOLD	TERBUTHYLAZINE	1,5
20-05-2021	PRIMAGRAM GOLD	S-METOLACHLORE	1,5
20-05-2021	Lumica 100	MESOTRIONE	0,75
20-05-2021	Fornet 40 OD	NICOSULFURON	0,3



Etape 1 – Collecte des données

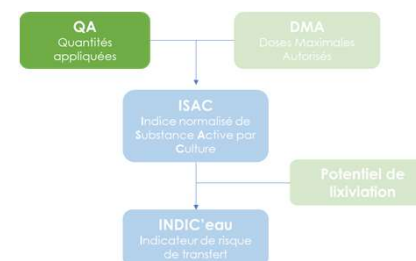
Ex : Donnée d'une parcelle de maïs– 0,94 ha – Année 2021



Date	Nom Phytoweb	SA	Dose (kg ou L/ha)
20-05-2021	PRIMAGRAM GOLD	TERBUTHYLAZINE	1,5
20-05-2021	PRIMAGRAM GOLD	S-METOLACHLORE	1,5
20-05-2021	Lumica 100	MESOTRIONE	0,75
20-05-2021	Fornet 40 OD	NICOSULFURON	0,3



Comment calculer l'ISAC



Etape 2 – Calculer les quantités de substances actives appliquées

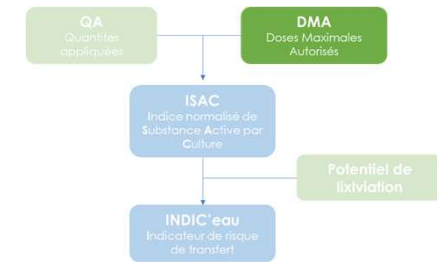
$$QA = dose \times concentration \text{ s. a}$$

=> Composition du Primagold : **187,5 g/l** de Terbutylazine

Produits	Substance active	Dose [L /ha]	Concentration [g/L]	QA [g/ha]
PRIMAGRAM GOLD	Terbutylazine	1,5	187,5	1,5 x 187,5 = 281

Lors de cette application, **281 g de Terbutylazine ont été utilisés**





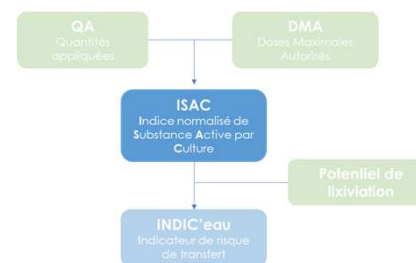
Etape 3 – Normaliser les quantités

$$ISA = \frac{QA}{DMA} \longrightarrow \text{Valeur comprise entre 0 et 1}$$

=> Dose **M**aximale **A**utorisée pour la Terbutylazine en maïs = **750 g/ha/36 mois**

Produits	Substance active	QA (g/ha)	DMA (g/ha)	ISA
PRIMAGRAM GOLD	Terbutylazine	281	750	281/750 = 0,38

Lors de cette application, **38 % de la dose max. autorisée en Terbutylazine ont été utilisés.**



Etape 4 – Calculer L'ISAC

$$ISAC = ISA_1 + ISA_2 + ISA_3 + \dots$$

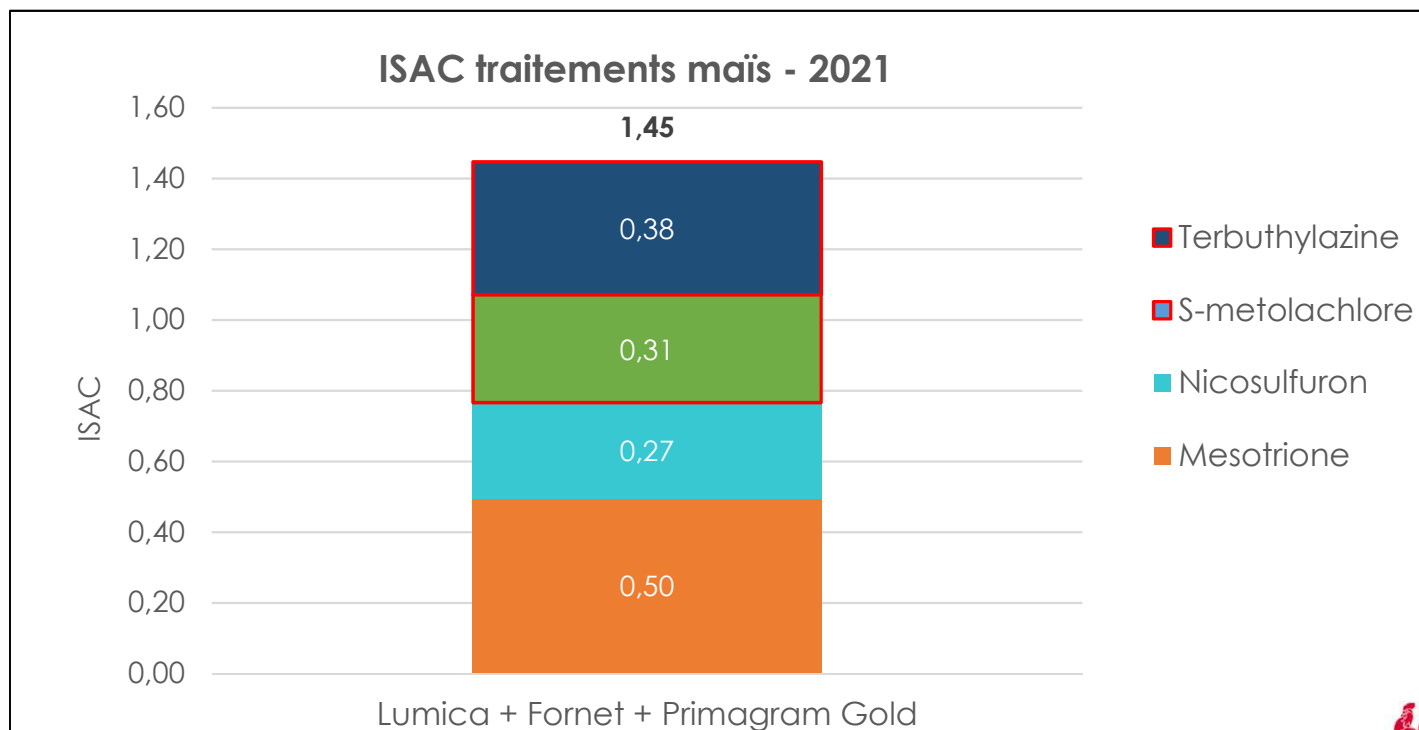
Date	Produit	SA	QA	ISA	ISAC
20-05-2021	PRIMAGRAM GOLD	TERBUTHYLAZINE	281	0,38	1,45
20-05-2021	PRIMAGRAM GOLD	S-METOLACHLORE	469	0,31	
20-05-2021	Lumica 100	MESOTRIONE	75	0,50	
20-05-2021	Fornet 40 OD	NICOSULFURON	12	0,27	



PROTECT'eau

Comment calculer l'ISAC

Date	Produit	SA	QA	ISA	ISAC
20-05-2021	PRIMAGRAM GOLD	TERBUTHYLAZINE	281	0,38	1,45
20-05-2021	PRIMAGRAM GOLD	S-METOLACHLORE	469	0,31	
20-05-2021	Lumica 100	MESOTRIONE	75	0,50	
20-05-2021	Fornet 40 OD	NICOSULFURON	12	0,27	

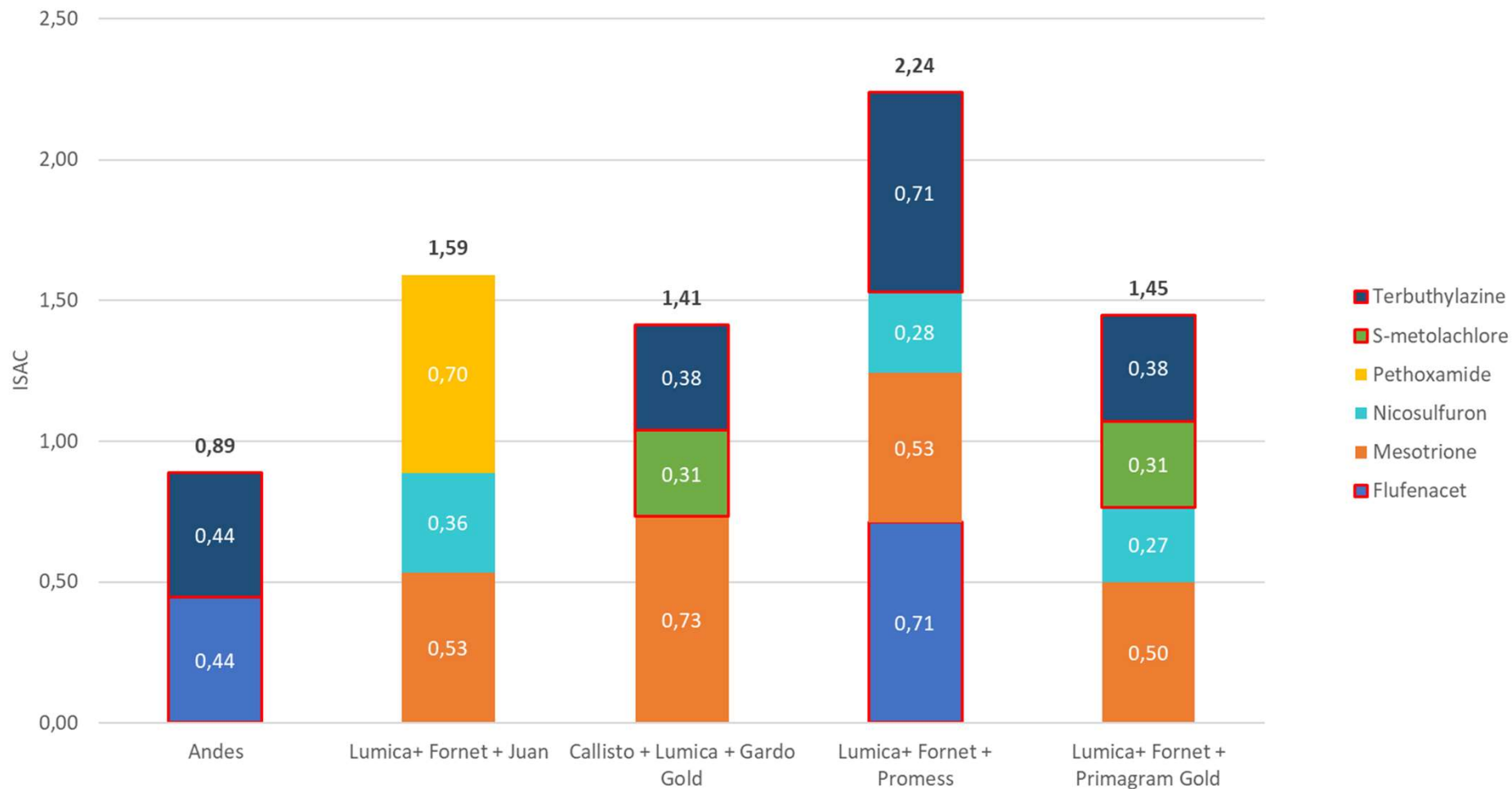




PROTECT'eau

Exemples de résultats pour des parcelles de maïs

ISAC traitements maïs - 2021

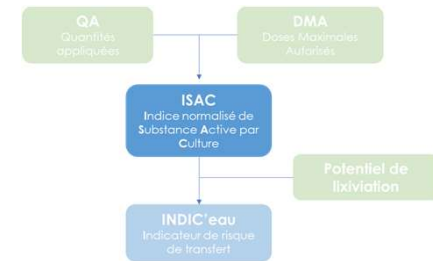




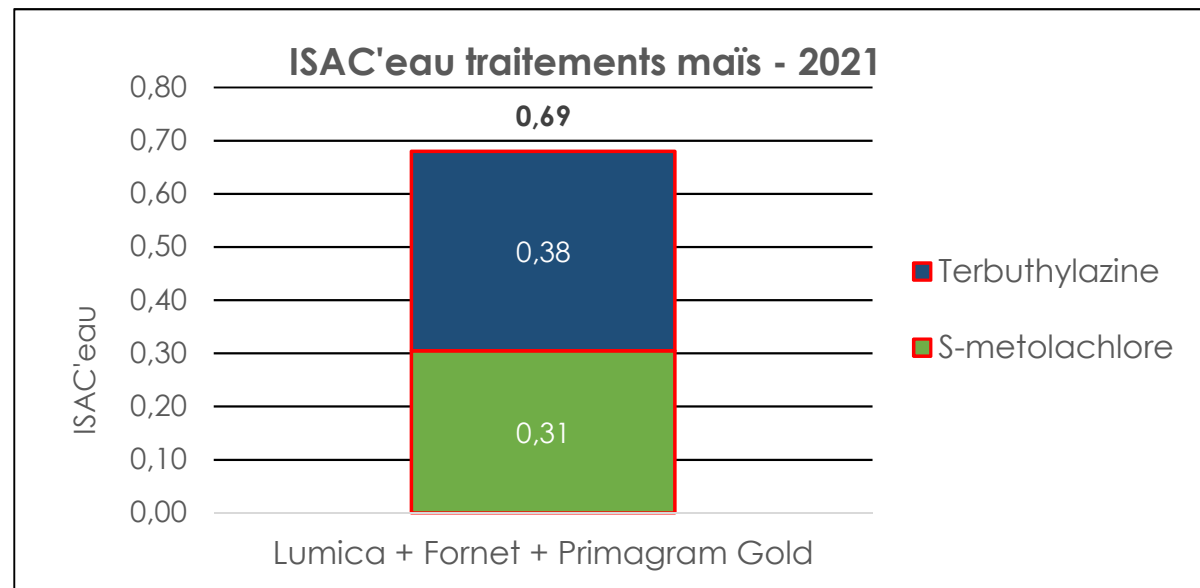
Comment calculer l'ISAC'eau

Etape 5 – Calculer L'ISAC'eau

$$ISAC'eau = ISA_1 + ISA_2 + ISA_3 + \dots$$



Date	Produit	SA	QA	ISA	ISAC'eau
20-05-2021	PRIMAGRAM GOLD	TERBUTHYLAZINE	281	0,38	0,69
20-05-2021	PRIMAGRAM GOLD	S-METOLACHLORE	469	0,31	
20-05-2021	Lumica 100	-MESOTRIONE	75	0,50	
20-05-2021	Fornet 40 OD	-NICOSULFURON	12	0,27	





PROTECT'eau

Comment calculer l'ISAC'eau

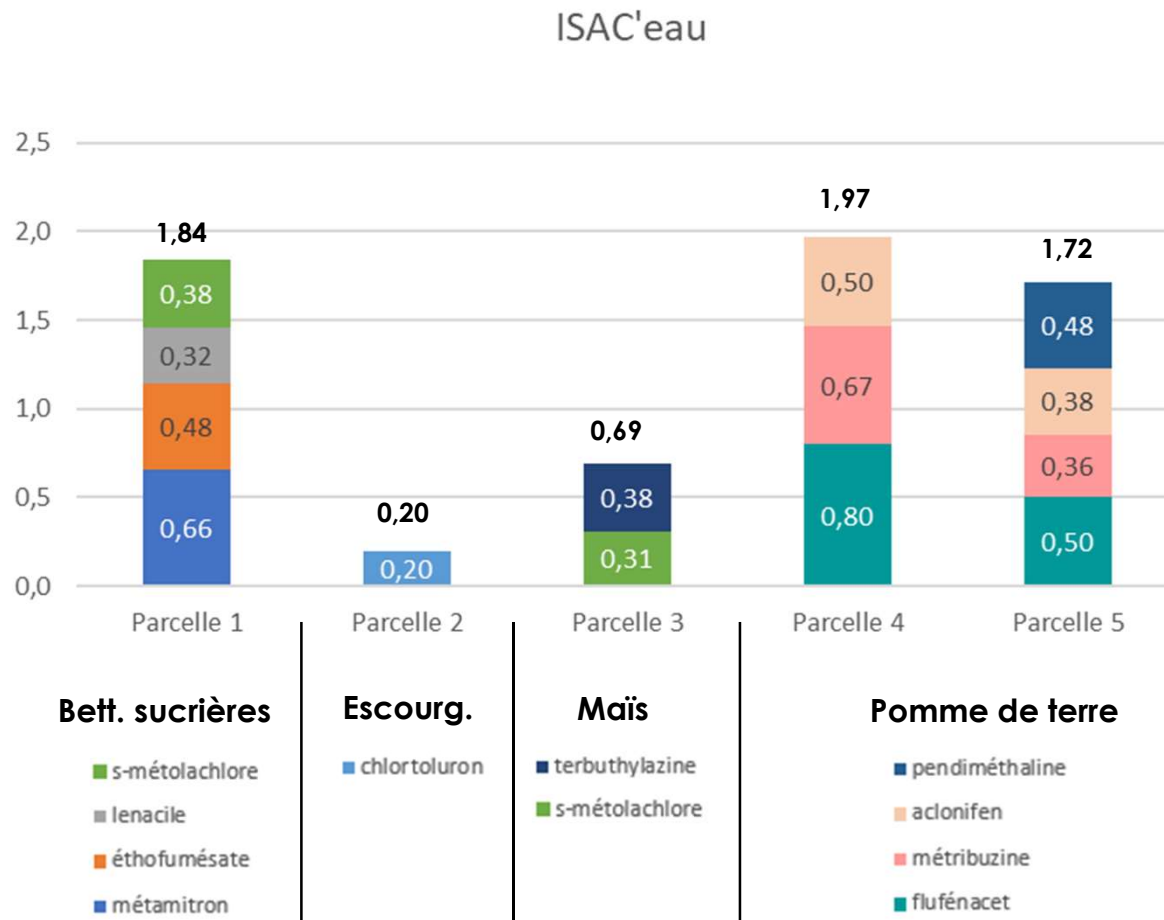
On répète ensuite l'exercice pour toutes les cultures et les parcelles pour lesquelles on souhaite calculer l'ISAC'eau

Culture	Parcelle	Produit	Substance active	ISA	ISAC'eau
Betterave sucrière	Parcelle 1	OBLIX 500 SC	éthofumésate	0,18	1,84
		GLOTRON 700 SC	métamitron	0,16	
		GLOTRON 700 SC	métamitron	0,20	
		OBLIX 500 SC	éthofumésate	0,20	
		VENZAR	lenacile	0,32	
		DUAL GOLD	s-métolachlore	0,38	
		GOLTIX 700 SC	métamitron	0,20	
		OBLIX 500 SC	éthofumésate	0,10	
		GLOTRON 700 SC	métamitron	0,10	
Escourgeon	Parcelle 2	CHLOORTOLURON 500 SC	chlortoluron	0,20	0,20
Maïs	Parcelle 3	PRIMAGRAM GOLD	terbuthylazine	0,38	0,69
		PRIMAGRAM GOLD	s-métolachlore	0,31	
Pomme de terre	Parcelle 4	ARTIST	métribuzine	0,67	1,97
		ARTIST	flufénacet	0,80	
		CHALLENGE	aclonifen	0,50	
	Parcelle 5	GOFOR	flufénacet	0,50	1,71
		GOFOR	aclonifen	0,38	
		METRIC	métribuzine	0,36	
		RAMPAR	pendiméthaline	0,48	



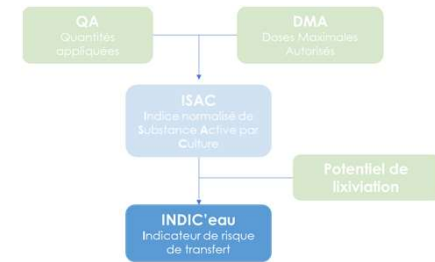
Comment calculer l'ISAC'eau

On répète ensuite l'exercice pour toutes les parcelles pour lesquelles on souhaite calculer l'ISAC'eau





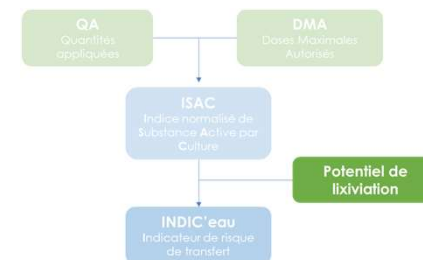
2 - l'INDIC'eau



INDIC'eau = Indicateur du risque de transfert des substances actives problématiques pour l'eau vers les eaux souterraines

INDIC'eau = **ISA pondéré par un indice de lixiviation** calculé sur base des propriétés physico-chimiques des substances actives (Koc, DT50, Sw)

$$\mathbf{INDIC'eau = ISA \times Indice de lixiviation}$$



Indice de lixiviation :

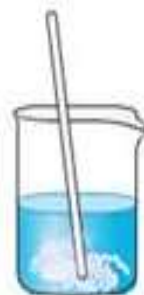
- Coefficient d'adsorption (K_{oc})
- Solubilité (S_w)
- Persistance (DT 50 au champ)

Valeurs adaptées au contexte RW !

Faible affinité avec
la MO



Soluble et stable
dans l'eau



Persistance





PROTECT'eau

Valeurs adaptées au contexte RW !

	Substance active	Solubilité (mg/L) à 20°C	DT50 au champ (Jour)	Coefficient d'adsorption (mL/g)	Indice de lixiviation
1	mécoprop-p	250000	10,1	21	15,08
2	MCPA	29390	24	74	13,98
3	2,4-D	24300	4,4	48,47	13,34
4	bentazone	7112	4,7	30,2	13,04
5	métribuzine	1050	11,5	37,9	12,5
6	métamitron	1770	11,1	122,3	12,21
7	s-métolachlore	480	22	213	11,7
8	métazachlore	450	8,5	110	11,54
9	métobromuron	328	13,1	160	11,43
10	chloridazon	422	11,7	199	11,39
11	diméthénamide-p	1499	5,5	393	11,32
12	chlortoluron	74	42	180,7	11,24
13	éthofumésate	50	39,1	118	11,22
14	flufénacet	56	27,8	202	10,89
15	terbutylazine	6,6	19,5	231	9,75
16	lénacile	2,9	23,3	130	9,72
17	prosulfocarbe	13	10,1	1693	8,89
18	aclonifen	1,4	94,8	7126	8,27
19	diflufénican	0,05	194	3417	7,45
20	pendiméthaline	0,309	72,2	13792	7,21
21	bifénox	0,1	18,7	7143	6,42
22	cyperméthrine	0,009	12,6	194425	3,77

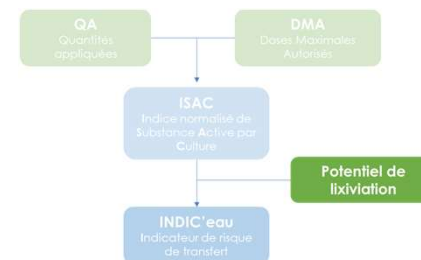




PROTECT'eau

2 - l'INDIC'eau

Substance active	Indice de lixiviation
mécoprop-p	15,08
MCPA	13,98
2,4-D	13,34
bentazone	13,04
métribuzine	12,5
métamitron	12,21
s-métolachlore	11,7
métazachlore	11,54
métobromuron	11,43
diméthénamide-p	11,32
chlortoluron	11,24
éthofumésate	11,22
flufénacet	10,89
terbuthylazine	9,75
lénacile	9,72
prosulfocarbe	8,89
aclonifen	8,27
diflufénican	7,45
pendiméthaline	7,21
bifénox	6,42
cyperméthrine	3,77



Indice de lixiviation :

Classement des substances actives:

1 = très peu sensible à la lixiviation

20 = extrêmement sensible



Wallonie

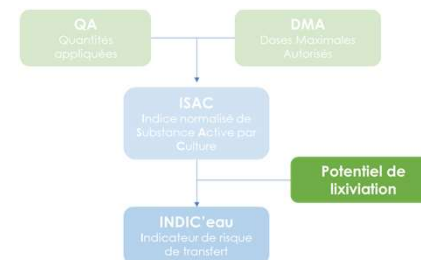


SPGE
Société Publique
de Gestion de l'Eau



PROTECT'eau

2 - l'INDIC'eau



	Substance active	Indice de lixiviation
1	mécoprop-p	15,08
2	MCPA	13,98
3	2,4-D	13,34
4	bentazone	13,04
5	métribuzine	12,5
6	métamitron	12,21
7	s-métolachlore	11,7
8	métazachlore	11,54
9	métobromuron	11,43
11	diméthénamide-p	11,32
12	chlortoluron	11,24
13	éthofumésate	11,22
14	flufénacet	10,89
15	terbutylazine	9,75
16	lénacile	9,72
17	prosulfocarbe	8,89
18	aclonifen	8,27
19	diflufénican	7,45
20	pendiméthaline	7,21
21	bifénox	6,42
22	cyperméthrine	3,77

Indice de lixiviation :

$$\text{Indice de lixiviation} = \log_{10} \left(\frac{S_w * DT_{50}}{K_{oc}} \right) + 10$$

~1 unité = ~facteur 10

~2 unités = ~facteur 100



Wallonie



SPGE
Société Publique
de Gestion de l'Eau



PROTECT'eau

	Substance active	Solubilité (mg/L) à 20°C	DT50 au champ (Jour)	Coefficient d'adsorption (mL/g)	Mleach	Indice de lixiviation
1	mécoprop-p	250000	10,1	21	120238,095	15,08
2	MCPA	29390	24	74	9531,89189	13,98
3	2,4-D	24300	4,4	48,47	2205,90056	13,34
4	bentazone	7112	4,7	30,2	1106,83444	13,04
5	métribuzine	1050	11,5	37,9	318,601583	12,5
6	métamitron	1770	11,1	122,3	160,645953	12,21
7	s-métolachlore	480	22	213	49,5774648	11,7
8	métazachlore	450	8,5	110	34,7727273	11,54
9	métobromuron	328	13,1	160	26,855	11,43
10	chloridazon	422	11,7	199	24,8110553	11,39
11	diméthénamide-p	1499	5,5	393	20,9783715	11,32
12	chlortoluron	74	42	180,7	17,1997786	11,24
13	éthofumésate	50	39,1	118	16,5677966	11,22
14	flufénacet	56	27,8	202	7,70693069	10,89
15	terbuthylazine	6,6	19,5	231	0,55714286	9,75
16	lénacile	2,9	23,3	130	0,51976923	9,72
17	prosulfocarbe	13	10,1	1693	0,07755464	8,89
18	aclonifen	1,4	94,8	7126	0,01862475	8,27
19	diflufénican	0,05	194	3417	0,00283875	7,45
20	pendiméthaline	0,309	72,2	13792	0,00161759	7,21
21	bifénox	0,1	18,7	7143	0,00026179	6,42
22	cyperméthrine	0,009	12,6	194425	5,8326E-07	3,77



Wallonie



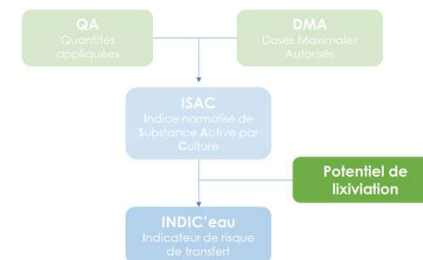
SPGE
Société Publique
de Gestion de l'Eau



PROTECT'eau

2 - l'INDIC'eau

Substance active	Indice de lixiviation
mécoprop-p	15,08
MCPA	13,98
2,4-D	13,34
bentazone	13,04
métribuzine	12,5
métamitron	12,21
s-métolachlore	11,7
métazachlore	11,54
métobromuron	11,43
diméthénamide-p	11,32
chlortoluron	11,24
éthofumésate	11,22
flufénacet	10,89
terbuthylazine	9,75
lénacile	9,72
prosulfocarbe	8,89
acлонifen	8,27
diflufénican	7,45
pendiméthaline	7,21
bifénox	6,42
cyperméthrine	3,77



$$INDIC'eau = ISA \times \text{Indice de lixiviation}$$

Exemple Ethofumésate :

ISA	Indice Lixiviation	INDIC'eau
1	11,22	11,22
0,5	11,22	5,61





Comment calculer l'INDIC'eau

Ex : Donnée d'une parcelle de maïs- 0,94 ha – Année 2021

$$\text{INDIC'eau} = \text{ISA} \times \text{Indice de lixiviation}$$

Date	Produit	SA	ISA	ISAC'eau	Indice Lix.	INDIC'eau
20-05-2021	PRIMAGRAM GOLD	TERBUTHYLAZINE	0,38	0,68	9,75	3,66
20-05-2021	PRIMAGRAM GOLD	S-METOLACHLORE	0,31		11,70	3,57



Comment calculer l'INDIC'eau

Ex : Donnée d'une parcelle de maïs- 0,94 ha – Année 2021

$$\text{INDIC'eau} = \text{ISA} \times \text{Indice de lixiviation}$$

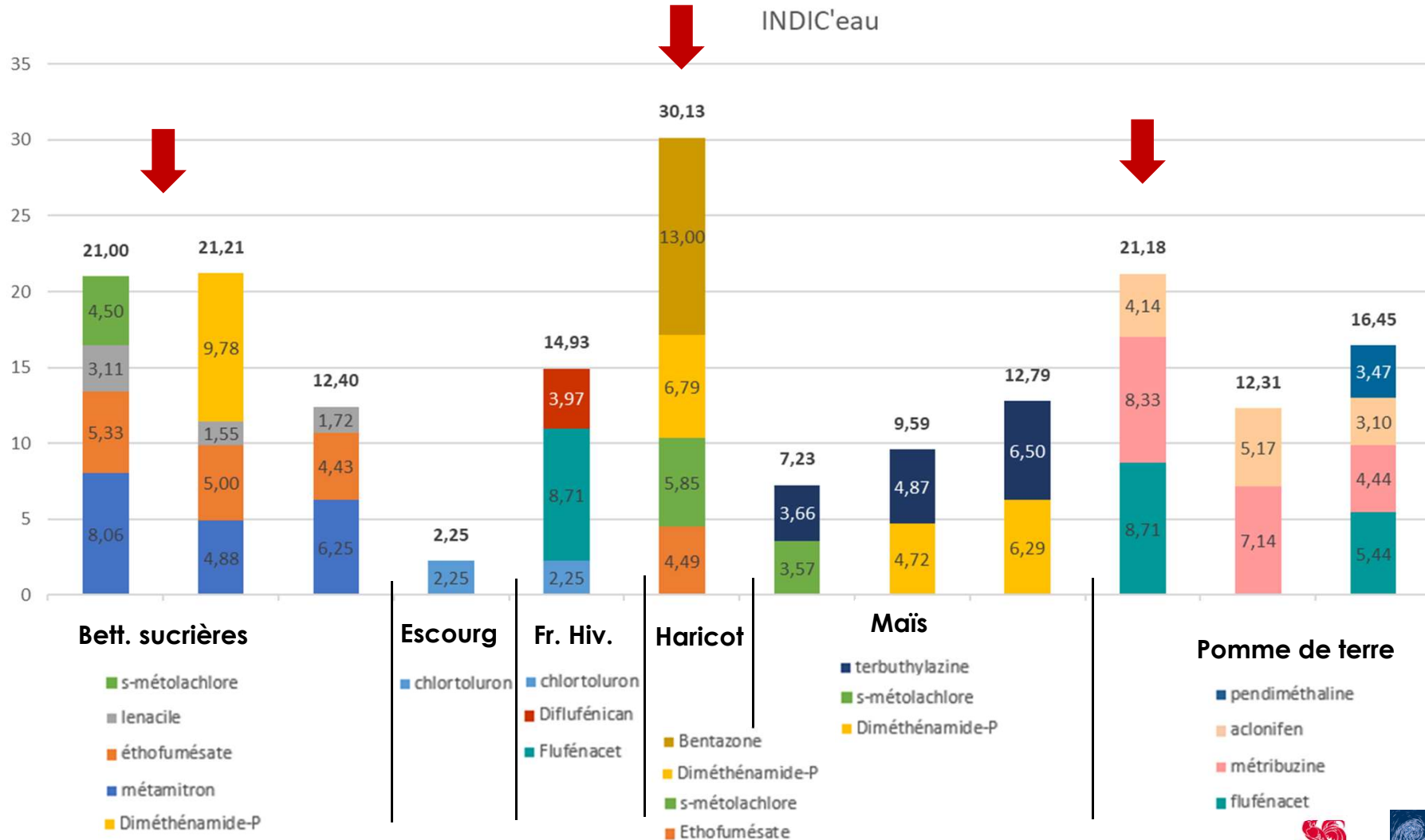
Date	Produit	SA	ISA	ISAC'eau	Indice Lix.	INDIC'e au	INDIC'e au TOTAL
20-05-2021	PRIMAGRAM GOLD	TERBUTHYLAZINE	0,38	0,68	9,75	3,66	7,23
20-05-2021	PRIMAGRAM GOLD	S-METOLACHLORE	0,31		11,70	3,57	



PROTECT'eau

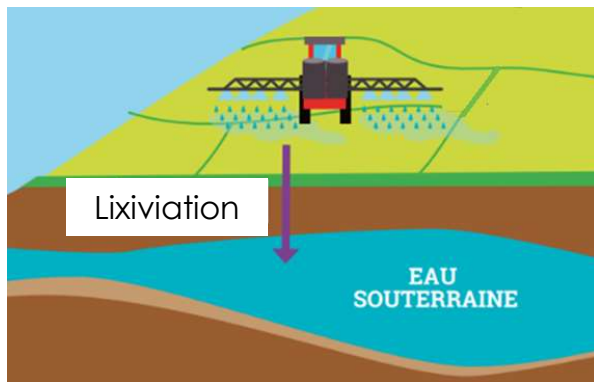
Exemples d'INDIC'eau pour différentes cultures

Scores de l'INDIC'eau



INDIC'eau un outil à replacer dans un contexte

INDIC'eau indique un **risque théorique** de transfert vers les eaux souterraines. Ce risque doit ensuite encore être évalué en tenant compte de la sensibilité du milieu à la lixiviation des produits.



Quantité et
Propriétés des s.a.



Risque de transfert
théorique

Sensibilité du milieu à la lixiviation

- Caractéristiques des sols : texture et pierrosité, taux de M.O., drainage, profondeur des sols, ...
- Vulnérabilité des nappes : présence de la nappe, profondeur, protection

L'objectif final d'INDIC'eau est de:

Diagnostiquer les traitements à risque pour l'eau

- Identifier et quantifier les substances actives les plus susceptibles d'être lixiviées

Accompagner les agriculteurs à améliorer leurs itinéraires techniques

- Réduire l'utilisation d'herbicides pouvant potentiellement dégrader la qualité de l'eau

Evaluer les progrès réalisés

- Analyse concrète des efforts fournis sur l'ensemble de la rotation



**Merci de votre
attention !**