UTILIZAÇÃO DO INDICADOR AGRO-ECOLÓGICO I-PHY PARA AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE IMPACTO AMBIENTAL DA PROTEÇÃO FITOSSANITÁRIA DO ALGODÃO NO MATO GROSSO, BRASIL ([1])

Lucie Polge de Combret (SupAgro Montpellier, França / polge@supagro.inra.fr), Eliana Freire Gaspar de Carvalho Dores (UFMT), Pierre Silvie (IRD/CIRAD, Brasil), Eric Scopel (CIRAD, Brasil), Jean-Louis Bélot (CIRAD, Brasil) , Alicio Alves Pinto (UFMT)

RESUMO – O indicador agroecológico I-Phy foi concebido para fornecer uma ferramenta de auxílio na escolha de ingredientes ativos e programas de tratamento, em função do impacto ambiental. Na construção deste indicador são levados em conta: o risco de contaminação de águas subterrâneas, o risco de contaminação das águas superficiais, o risco de contaminação do ar e o risco de presença no ambiente. Este indicador foi elaborado na França, para uso em diferentes culturas em clima temperado. Foi adaptado para cultivos em clima tropical, na Tailândia e em Mali, porém em situações diferentes daquelas em que se desenvolve o cultivo do algodão em Mato Grosso. Assim, esse trabalho visou adaptar este indicador ao cultivo intensivo de algodão em Mato Grosso e usá-lo para testar diferentes cenários. Para tanto foi efetuado o cálculo do indicador I-Phy para 7 programas de tratamento utilizado em duas fazendas em safras agrícolas de 2001-2002 a 2005-2006. Foram feitas também algumas simulações de alterações no manejo visando comparar com as práticas em uso. Apesar de ter sido verificada a necessidade de validá-lo e tornar este instrumento utilizável pelos produtores, o indicador se mostrou uma ferramenta útil na comparação de sistemas de manejo.

Palavras-chave: indicador, impacto ambiental, algodão.

INTRODUÇÃO

O cultivo intensivo de algodão em sequeiro no Brasil tem a reputação de ser um grande consumidor de produtos fitossanitários. De fato, devido ao aumento das superfícies cultivadas, do nível de produtividade elevado (o maior do mundo) e à existência de um complexo diversificado de pragas, a diversidade e a freqüência dos produtos aplicados não cessou de aumentar nestes últimos anos, o que leva ao questionamento quanto ao impacto ambiental destas práticas. Em 2002/2003, um projeto de investigação sobre a contaminação da água por biocidas utilizados na cultura de algodão mostrou a presença de ingredientes ativos no lençol freático, nos rios e na água de chuva da região (UFMT, 2003).

Na França, existe um indicador agroecológico do impacto dos produtos fitossanitários, I-Phy, que faz parte do conjunto de indicadores do método INDIGO® desenvolvido pela equipe *agriculture durable* do *Institut National de la Recherche Agronomique,* INRA, Nancy-Colmar (GIRARDIN e BOCKSTALLER, 2003; BOCKSTALLER, 2004). O indicador I-Phy foi concebido para ser ferramenta de escolha dos ingredientes ativos e sistemas de manejo em função do impacto ambiental. Permite a técnicos e agricultores avaliar os riscos ambientais de um programa de tratamento realizado e efetuar

[1] Agências financiadoras : CIRAD, FACUAL

simulações a fim de trazer melhorias aos programas previstos. Não é um modelo matemático e sim um índice gerado a partir de um sistema experto que permite comparar diferentes sistemas de manejo com relação ao potencial impacto ambiental.

Este indicador foi elaborado primeiro para uso em grandes cultivos (trigo, cevada, centeio, canola, ervilha, beterraba, milho, girassol), depois na viticultura e fruticultura em clima temperado e finalmente uma versão para as hortaliças está sendo confeccionada na França. No contexto tropical, uma adaptação para o dendezeiro foi feita na Tailândia e uma para o algodão em Mali.

Sendo assim, esse trabalho visou adaptar este indicador ao cultivo intensivo de algodão sem irrigação em Mato Grosso no Brasil e usá-lo para testar diferentes cenários.

MATERIAL E MÉTODOS

Na construção do indicador I-Phy (WERF e ZIMMER, 1998), quatro tipos de riscos são levados em conta: o risco de lixiviação em direção às águas subterrâneas (RESO), o risco de contaminação das águas de superfície (RESU), o risco de propagação aérea e de contaminação do ar (RAIR) e o risco de presença no ambiente (DOSE). Os riscos são construídos com variáveis para as quais uma classe favorável (risco baixo) e uma classe desfavorável (risco elevado) são definidas.

O risco RESO é construído com quatro variáveis: o índice de Gustafson que faz a distinção entre os pesticidas que são lixiviados e os que não o são, a posição de aplicação (na planta ou no solo), o potencial de lixiviação que depende das características do solo (teor de matéria orgânica, textura e profundidade do solo) e a dose diária aceitável ($mg.kg^{-1}$).

O risco RESU leva em conta cinco variáveis: a meia-vida no campo, o potencial de escoamento que é determinado em função da declividade do talhão e da textura do solo, o potencial de deriva que é a quantia de produto suscetível de se achar diretamente numa fonte de água depois do tratamento, a posição de aplicação e a toxicidade aquática ($mg.L^{-1}$).

No cálculo do risco RAIR, cinco variáveis são utilizadas: a meia-vida no campo, a constante de Henry que determina o risco de volatilização do ingrediente ativo, a dose diária aceitável ($mg.kg^{-1}$), a posição de aplicação e a deriva no ar. A DOSE é calculada somente com a quantidade do produto aplicado por hectare.

Para cada ingrediente ativo aplicado, cada risco tem uma nota entre 0 (risco alto) e 10 (risco baixo). Uma agregação desses quatro riscos permite obter uma nota final entre 0 (risco alto) e 10 (risco baixo). É o indicador chamado $I\text{-}Phy_{ia}$. As notas acima de 7 são consideradas aceitáveis (GIRARDIN e BOCKSTALLER, 2003).

Uma última agregação permite obter um indicador para um programa de tratamentos em um talhão, $I\text{-}Phy_{talhão}$. Todos os cálculos são efetuados com a ajuda de uma planilha Excel. As equações principais que descrevem o I-Phy são:

$$I\text{-}Phy = Min\ (Iphyia_i) * \Sigma k_i *(10 - Iphyia_i)/10 + k_i * (10 - Min\ (Iphyia_i)_i)/10)$$

onde :

$Iphyia_i$: indicador para a aplicação do ingrediente ativo i ;

k_i coeficiente de ponderação obtido empiricamente e por regressão (colocando k = 0,1 para Iphyia = 10, k = 0,2 para Iphyia = 7 e k = 1 para Iphyia = 2). Pode ser obtido por $k = 1{,}7175*e^{(-0{,}2913*Iphyia)}$ e

$\Sigma\ k_i * (10 – Min\ Iphyia_i)/10)$: soma dos riscos ponderados menos o valor mínimo Iphyia

Foram feitas algumas adaptações para o cultivo do algodão de sequeiro em meio tropical úmido. Certas modificações feitas no I-Phy foram ligadas ao clima para levar em conta as chuvas tropicais que podem provocar um escoamento mesmo quando o terreno for plano e a lixiviação que é mais importante do que em meio temperado. Sabe-se que as meias-vidas no campo são menores que

num país temperado (LAABS et al., 2000), mas não existe base de dados dos ingredientes ativos que incluam a meia-vida em meio tropical.

A variável "Posição" leva em conta a parte dos pesticidas interceptada pelas plantas ou pelos resíduos de palhada no caso do plantio direto (PD). Considerou-se que a palha se decompõe pouco a pouco e que o solo se descobre, mas que, em compensação, a cobertura vegetal de algodão se desenvolve.

Outras modificações levam em conta o tipo de aplicação (avião, trator, jatos dirigidos, tratamento de sementes), a distância até o rio e a eventual proteção vegetal do rio (mata ciliar) que têm um impacto sobre a deriva, e os fatores que podem reduzir o escoamento (plantio direto, faixas de contenção e cordões anti-erosivos).

O cálculo do indicador I-Phy$_{talhão}$ foi efetuado para 7 exemplos de programas de tratamento em duas fazendas, uma localizada no município de Campo Verde, MT, coordenadas: 54°52'39"W e 15°17'56"S e a outra no município de Dom Aquino, coordenadas 54°31"54"W e 15°25'21"S. Os programas de tratamento foram: A1 01/02, A1 02/03, A1 03/04 são para o talhão 1 da fazenda A nas safras agrícolas 2001-2002, 2002-2003 e 2003-2004, respectivamente; A2 01/02, A2 02/03, A2 03/04 para o talhão 2 da mesma fazenda e B 05/06 para um talhão da fazenda B no ano 2005-2006.

Nas duas fazendas, o solo é profundo (90-120cm), argiloso sem pedregulhos, com boa drenagem característica dos latossolos dessa região. O teor de matéria orgânica é baixo (<3%), a pesar das correções o pH é ácido (5,5 para fazenda A e 5,2 para fazenda B), a declividade é média (entre 2 e 5%) e existem cordões antierosivos. A distância do final da área do talhão ao rio é entre 6 e 30m para fazenda A e entre 30 e 100m para fazenda B. Nas duas fazendas, o plantio direto - PD é praticado. A região de Campo Verde compreende clima tropical continental alternadamente úmido e seco. Os tipos climáticos diferenciados no estado de Mato Grosso têm relação com as formas de relevo, que criam micro-climas com precipitação pluviométrica baixa verificada, por exemplo, na Depressão do Alto Paraguai e Pantanais, e os climas mesotérmicos úmidos nas altas superfícies, como verificado nas regiões do Planalto dos Guimarães e Parecis com altitudes acima dos 600 m, como é o caso dos municípios de Campo Verdee Dom Aquino.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os I-Phy$_{talhão}$ calculados estão apresentados na Tabela 1. As notas negativas (cujos valores, para efeito de informação, foram colocados entre parêntesis na tabela) foram trazidas a zero.

Tabela 1. Valores de I-Phy$_{talhão}$ para os talhões estudados

Identificação do talhão e safra	A1 01/02	A1 02/03	A1 03/04	A2 01/02	A2 02/03	A2 03/04	B 05/06
Data de plantio	9/jan/02	9/jan/03	3/jan/04	6/jan/02	30/dez/02	30/dez/03	21/dez/05
n° IA* aplicados x nº aplicações	70	68	63	79	56	62	101
I-Phy$_{talhão}$	0 (-2,47)	0,60	0 (-0,65)	0 (-3,50)	0,88	0,14	0,06

* somatória (número de ingredientes ativos x número de aplicações de cada ingrediente ativo)

Todos I-Phy$_{talhão}$ calculados foram muito baixos. Em comparação, em Mali (África), onde o algodão é cultivado em pequenas propriedades e as aplicações são feitas com pulverizador costal, o I-Phy$_{Algodão}$ foi igual a 6,7 em média (NAVEL, 2006).

O impacto ambiental das práticas fitossanitárias nessas fazendas é alto. Isso devido aos tipos de produtos utilizados, ao elevado número de tratamentos, a muitas aplicações feitas por avião e a distância pequena entre o final da área plantada e o rio para a fazenda A. Uma outra razão é que a fórmula de cálculo determina que o I-Phy$_{talhão}$ não possa ser maior que o I-Phy$_{ia}$ mínimo.

Em simulação, considerando que a copa das árvores é fechada acima do rio, o indicador aumenta em média 0,6 unidades. Pelo contrário, no caso de ausência de qualquer proteção do rio, o indicador diminui 1,5 unidades. Se a distância ao rio for aumentada de 6-30 m para 30-100 m para a fazenda A, o I-Phy$_{talhão}$ aumenta 2,4 unidades em média. Para a fazenda B, diminuir a distância ao rio conduz a uma diminuição de 1,18 no I-Phy$_{talhão}$. Se, durante a simulação, todas as aplicações forem feitas por trator, o I-Phy aumenta 4 unidades em média para a fazenda A que está mais próxima do rio. Estas simulações mostram que os parâmetros que diminuem a deriva aérea dos produtos até os rios (distância ao rio, proteção do rio, modo de aplicação) têm uma grande importância sobre o I-Phy e, por conseguinte sobre o ambiente. Esta importância mereceria ser validada de maneira mais cuidadosa.

Alterar as práticas culturais tem também um impacto sobre o I-Phy. Uma simulação foi feita no caso do plantio convencional, mostrando que o I-Phy diminui 1,7 unidades, em média. O plantio direto é, por conseguinte preferível, sem que seja suficiente, para limitar a contaminação do ambiente pelos produtos fitossanitários. Nesse caso também seria preciso uma validação dos efeitos do PD sobre os 4 riscos ambientais do I-Phy.

Algumas simulações sobre o programa de tratamento foram realizadas com: i) redução no número de tratamentosconsiderados como supérfluos após consulta a especialistas nas áreas de entomologia, fitotecnia e fitopatologia que parecem supérfluos; ii) plantio de um cultivo resistente à doença azul e iii) plantio de algodoeiros geneticamente modificados (AGM, tolerantes ao glifosato ou resistentes a lagartas). A melhoria dos resultados é maior quando os produtos suprimidos têm mais impacto no ambiente (produtos mais contaminantes). É o caso da simulação de resistência à doença azul pela qual as aplicações de carbosulfam foram suprimidas (+1,08 unidades em média). A simulação da plantação de um algodoeiro geneticamente modificado deu uma melhora nos resultados, mas baixa (+0,35 unidades em média para AGM tolerantes ao glifosato, +0,56 unidades em média para AGM resistentes a lagartas).

Nas fazendas e os períodos agrícolas estudadas, o carbosulfam foi o ingrediente ativo mais utilizado. Este ingrediente ativo tem geralmente um I-Phy$_{ia}$ inferior a 7 (não aceitável) pois ele é facilmente lixiviado e tem uma toxicidade aquática muito desfavorável. Porém, quando as aplicações são feitas por trator, o I-Phy$_{carbosulfam}$ é superior a 7 pois a deriva nas águas de superfície é menor.

Ainda que os efeitos não sejam aditivos, combinar uma mudança do programa de tratamento e as modificações das características do talhão dá melhores resultados. Por exemplo, no caso do talhão A1 01/02, o cenário único de resistência à doença azul aumenta I-Phy$_{talhão}$ de 1,50 unidades, em relação à situação inicial. Se, além disso, a distância ao rio for mudada de 6-30 m para 30-100 m, o aumento no I-Phy$_{talhão}$ é de 3,71 unidades.

CONCLUSÕES

Este trabalho permitiu avaliar as possibilidades que oferece o indicador de impacto ambiental I-Phy no caso do cultivo intensivo do algodão de sequeiro no Mato Grosso. Este indicador é uma ferramenta integradora: o resultado é uma nota global construída com dados de várias áreas científicas. É também uma ferramenta relativamente simples que pode servir de referência para os produtores e pode guiá-los na melhoria das suas práticas de manejo.

Existem limitações ligadas à disponibilidade dos dados, como por exemplo, a inexistência de uma base de dados com as meia-vida no campo dos ingredientes ativos em clima tropical, a necessidade de atualização constante da base de dados com os novos produtos utilizados e a dificuldade de acesso às listas de tratamentos das fazendas.

Outras limitações são decorrentes da construção do indicador. Certas notas são dadas por peritos e deveriam ser reexaminadas com trabalhos específicos nas condições brasileiras (caso da deriva). Além disso, certas marcas comerciais contêm vários ingredientes ativos, podendo haver interação entre eles (ex: sinergia diurom-paraquate), mas no cálculo do indicador, cada ingrediente ativo é estudado separadamente. Por outro lado, poluição acidental e o risco para o operador não são levados em conta na construção do indicador.

Enfim, os resultados devem ser analisados considerando suas limitações. Uma vez que os valores do I-Phy$_{talhão}$ ficaram sempre pertos de zero nas fazendas estudadas, há a necessidade de adaptar o modo de cálculo para verificar os progressos feitos e incentivar os produtores na melhoria das práticas agrícolas. Certas variáveis têm um peso mais forte que outras no I-Phy$_{ia}$. É o caso da contaminação por deriva. Além disso, o risco para o ar (RAIR) tem quase sempre notas mais baixas que os riscos para as águas (RESO e RESU). Entretanto, em país tropical úmido, com elevados volumes de chuvas, os riscos para as águas deveriam ser pelo menos iguais aos para o ar. A fim de tornar o indicador I-Phy plenamente utilizável pelos produtores, será necessário validá-lo através de um programa.

CONTRIBUIÇÃO PRÁTICA E CIENTÍFICA DO TRABALHO

Apesar de ainda ser necessário proceder à adaptação e validação do uso do indicador I-Phy para as condições de cultivo do algodoeiro no Brasil, este indicador se mostrou útil como uma ferramenta simplificada que pode servir de referência para os produtores e pode guiá-los na melhoria das suas práticas de manejo, visando a proteção ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOCKSTALLER, C. Elaboration et utilisation des indicateurs: exemple de I-Phy. In: BARRIUSO, E. (Ed.). **Estimation des risques environnementaux des pesticides:** un point sur. Paris: INRA, 2004. p. 75-86.

GIRARDIN, P. ; BOCKSTALLER, C. **Méthode de calcul des indicateurs agri-environnementaux de la méthode Indigo (version 1.31 du logiciel).** Nancy : ENSAIA/ INRA/ ARAA, 2003. p. 65-85

LAABS, V., AMELUNG, W., PINTO, A., ALTSTAEDT, A., ZECH, W. Leaching and degradation of corn and soybean pesticides in a Oxisol of the Brazilian Cerrados. **Chemosphere,** v. 41, p.1441-1449, 2000.

NAVEL, M.E. **Evaluation des impacts environnementaux de la protection phytosanitaire du coton au Mali; comparaison avec le Brésil et les Etats-Unis.** 2006. 25f. (Master) - Université Montpellier 2.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO. **Estudo da contaminação de biocidas no ambiente e seu monitoramento em águas superficiais, subterrâneas e pluviais em regiões cotonícolas do estado de Mato Grosso:** relatório final. Cuiabá, 2003.147 p.,

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO. **Estudo da ação mitigadora da faixa de contenção e de sistemas de cultivos em lavouras de algodão sobre as perdas de solo, de água, de nutrientes e a contaminação de recursos hídricos por biocidas:** relatório parcial. Cuiabá, 2006.112 p.

WERF, H.Van Der ;ZIMMER, C. An indicator of pesticide environmental impact based on a fuzzy expert system. **Chemosphere,** v. 36, 2225-2249, 1998.