

Contaminação de águas subterrâneas por herbicidas no departamento de Lot-et-Garonne, França

Yasmin Ahmad Abou Hamia⁽¹⁾, Cledimar Rogério Lourenzi⁽²⁾

⁽¹⁾Estudante de graduação do curso de Agronomia da Universidade Federal de Santa Catarina, Rod. Admar Gonzaga, 1346, Bairro Itacorubi, Caixa Postal 476, CEP 88010-970, Florianópolis, SC, Brasil.

⁽²⁾Professor do departamento de Engenharia Rural da Universidade Federal de Santa Catarina, Rod. Admar Gonzaga, 1346, Bairro Itacorubi, Caixa Postal 476, CEP 88010-970, Florianópolis, SC, Brasil.

*Autor correspondente – Email: yasmin.hamia@gmail.com

Resumo

O aumento considerável no volume de agrotóxicos utilizados tem trazido uma série de transtornos e modificações para o ambiente e seres humanos, tanto pela contaminação das comunidades de seres vivos que o compõe, quanto pela sua acumulação nos segmentos bióticos e abióticos do ecossistema. Os recursos hídricos agem como integradores de todos os processos biogeoquímicos em qualquer região, superficiais ou subterrâneos, sendo os principais destinos de pesticidas, principalmente quando aplicados na agricultura. O presente trabalho tem como objetivo avaliar o potencial de contaminação, por herbicidas, dos recursos hídricos subterrâneos da comunidade de Lot-et-Garonne, sudoeste da França, e propor práticas agrônômicas que possam reduzir a poluição por esses contaminante. As moléculas causadoras da contaminação são S-metolachlor, bentazona e metazacloro, essas moléculas são nocivas para a saúde humana, entre seus possíveis efeitos aos humanos, destacam-se, o câncer e a intoxicação de alguns órgãos . Medidas preventivas devem ser tomadas para a proteção e o controle da poluição como um todo. Atualmente existem muitas práticas agrícolas que podem ajudar e até mesmo evitar o uso de pesticida, tais práticas devem ser aplicadas na área de alimentação de captação com o objetivo de reestabelecer a potabilidade de mananciais hídricos, como a fonte Lenclo.

Palavras chave: S-metolachlor, bentazona, metazacloro, contaminação de água.

Groundwater contamination by herbicides in the department of Lot-et-Garonne, France

Abstract

The considerable increase in the volume of pesticides used has brought a lot of inconvenience and changes in the environment and humans, both by contamination of living beings communities that compose it, and by its accumulation in biotic and abiotic segments of the ecosystem. The water act as integrators of all biogeochemical processes in any region thus surface or underground are the main targets pesticides, especially when applied in agriculture. The objective of this work is to evaluate the herbicide contamination potential of the groundwater resources of the Lot-et-Garonne community in southwest France, and to propose agronomic practices that can reduce pollution by these contaminants. The molecules that cause the contamination are S-metolachlor, bentazone and metazachlor. These molecules are harmful to human health, some of its possible effects on human health are, cancer and intoxication of some organs. Preventive measures should be taken for the protection and control of pollution as a whole. Currently there are many agricultural practices that can help and even avoid the use of pesticides, such practices should be applied in the catchment area with the objective of reestablishing the potability of water sources, such as the source Lenclio.

Key Words: S-metolachlor, bentazone, metazachlor, water contamination.

Introdução

A água e o solo são recursos naturais fundamentais à sobrevivência da vida no planeta terra, sendo a produção de alimentos dependentes destes recursos. A modernização de técnicas agrícolas nos sistemas de produção de alimentos provocou a introdução de uma grande variedade de substâncias sintéticas no meio ambiente, dentre elas destacam-se os agrotóxicos (STEFFEN et al., 2011).

No ecossistema os agrotóxicos sofrem processos de retenção (sorção, absorção e dessorção), de transformação (degradação, química e biológica) e de transporte (deriva, volatilização, lixiviação e carreamento superficial), e também há interações entre esses processos. Existem alguns tipos de agrotóxicos que, ao permanecerem no ambiente ou atingirem o meio aquático, oferecem riscos para espécies animais por sua toxicidade e possibilitam a bioacumulação ao longo da cadeia alimentar (GAMA, 2010).

Dentre os agrotóxicos mais utilizados no mundo, destacam-se os herbicidas. Quando aplicados diretamente no solo, os herbicidas podem ser degradados por vias químicas ou pela ação de microrganismos. Entretanto, as moléculas com alta persistência (baixa taxa de degradação), podem permanecer no ambiente sem sofrer qualquer alteração. Estas moléculas podem ser adsorvidas nas partículas do solo, desorvidas dessas partículas, sofrer lixiviação e atingir mananciais hídricos subterrâneos, ou ainda serem carregadas para corpos hídricos superficiais (SANCHES et al., 2003).

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente, Energia e Mar (2010), a França é o maior consumidor de agrotóxicos da Europa. Atualmente o país é o primeiro produtor e o segundo exportador agrícola na União Europeia (UE). A nível mundial o país é o 8º produtor e 4º exportador (MOMAGRI, 2016). As principais culturas produzidas pela França são trigo, batata-doce, milho, cevada, uva, batata, frutas, aveia, girassol, hortaliças, beterraba sacarina, tabacos e vinhos. Suas exportações se concentram no volume de mais de 38 bilhões de dólares (FRANCE AGRIMER, 2016).

Lot-et-Garonne, é um departamento situado no sudoeste da França. A agricultura ocupa um lugar importante nesta região e a área agrícola cobre mais da metade da superfície do departamento com, aproximadamente, 280.000 ha em 2014. Destes, 40% são dedicados a culturas de cereais, trigo e milho, aproximadamente 20% para as oleaginosas, principalmente o girassol, e 8% para frutas e verduras (INSEE, 2016).

Atualmente a fonte do Lenclo, que abastece parte da região, é alvo de proteção por apresentar uma quantidade elevada de herbicidas. O sistema de alimentação da fonte é um sistema cárstico e é essencialmente abastecido pela infiltração de águas de chuvas via rede de drenagem natural. A ausência de solo ou solos pouco profundos sobre a maior parte do território não permite a fixação e a degradação de substâncias poluentes (CALLIGEE, 2010).

A contaminação é causada principalmente por três moléculas, S-metolaclo, bentazona e metazaclo. Tais substâncias são frequentemente encontradas em amostras e chegam a ultrapassar o valor máximo permitido pela legislação. São nocivas para a saúde humana, sendo consideradas cancerígenas e tóxicas para órgãos humanos. O S-metolaclo se destaca entre as moléculas por possuir um alto potencial de contaminação, dentre as três moléculas é a substância mais frequentemente detectada. Tais moléculas são encontradas em herbicidas, frequentemente aplicados em grandes culturas na região de estudo (Suez Environnement - Terralys, 2012).

O presente trabalho tem como objetivo avaliar o potencial de contaminação, por herbicidas, dos recursos hídricos subterrâneos da comunidade de Lot-et-Garonne, sudoeste da França, e propor práticas agrônômicas que possam reduzir a poluição por esses contaminantes.

Material e métodos

Área de Estudo

O estudo foi realizado no departamento rural Lot-et-Garonne, (Latitude 44°24'70" N; Longitude 0°45'02"E). As condições climáticas que predominam nessa região são o clima temperado oceânico, com precipitação pluvial média anual de 712 mm. A temperatura média anual varia de 8,4 a 18,5 °C (METEOFRACTANCE, 2016). O solo predominante na região é do tipo argilo-calcário, apresentando profundidade que varia de 20 a 60 cm (INRA, 1986).

Situada à oeste no departamento Lot, na comunidade de Mauroux, a fonte Lenclio (figura 1) é alimentada pelo aquífero contido nos calcários cársticos do Kimmeridgiano inferior, sobreposto pelas formações semi-permeáveis do Kimmeridgiano superior. De superfície importante (aproximadamente 29 km²), a área de alimentação foi determinada a partir de traçagens, estudos geomorfológicos e hidrológicos. A área de alimentação abrange as comunidades de Mauroux, Thézac, Tournon d'Agenais, Masquières e Montayral. (VANDEWALLE, 2011).

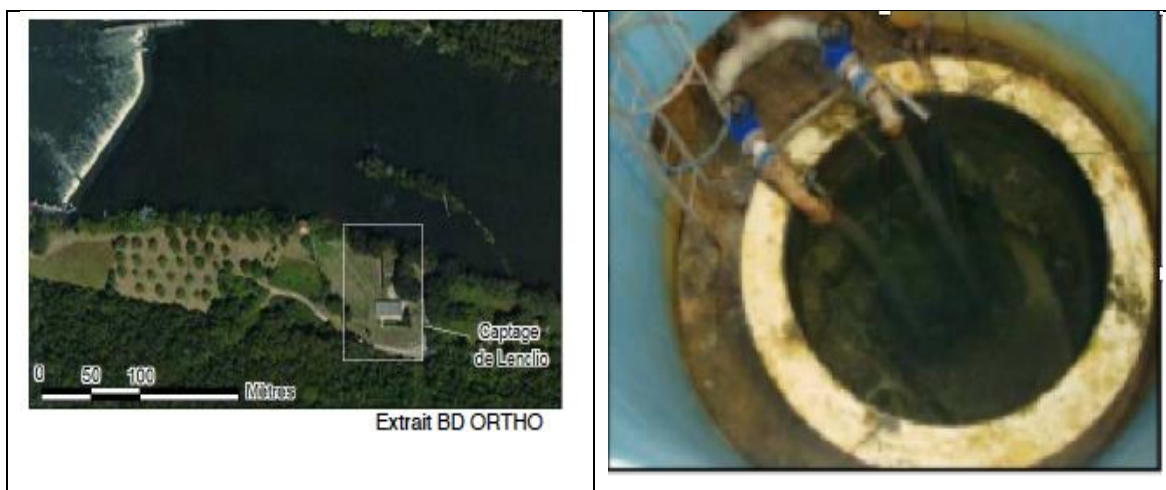


Figura 1: Foto aérea da fonte do Lenclio e local de captação. Fonte: (Suez Environnement-Terralys, 2012)

Segundo estudos de vulnerabilidade feitos na área, existe um número importante de elementos presente no território que estão em conexão direta com a fonte (fontes, poços, perfurações) e/ ou formam zonas preferenciais de infiltrações (dolinas). Esses elementos do

território apresentam um risco de transferência rápida em direção ao recurso aquático (CALLIGEE, 2010).

Avaliação dos riscos de contaminações dos herbicidas em águas subterrâneas

Para o estudo foi selecionada, dentre algumas fontes potáveis que abastecem a região de Lot-et-Garonne, a fonte do Lenclio, que hoje é alvo de proteção devido a sua área de alimentação apresentar vulnerabilidade causada, principalmente, por sua geologia particular e pela poluição por produtos fitossanitários (CHAMBRAGRILOT, 2016).

A escolha das moléculas para o estudo baseou-se no banco de dados gerados pela empresa Suez Environnement - Terralys (2012), a partir dos agrotóxicos encontrados nas amostras de qualidade da água da fonte do Lenclio durante os anos de 1994 a 2011. Foram selecionados para o estudo as três moléculas que apresentaram um maior número de detecções com valores acima dos permitidos pela lei, sendo S-metolacoloro, Bentazona, Metazacoloro.

Foram catalogados os pesticidas mais comumente usados e vendidos na região. Com estes dados buscou-se identificar a presença de resíduos dos mesmos em amostras de qualidade da água. Para caracterizar e definir as moléculas utilizadas e suas propriedades físico-químicas, foram utilizados como suporte o banco de dados The Pesticide Properties DataBase (PPDB), o catálogo de produtos fitofarmacêuticos autorizados na França (E-phy) e o Sage pesticides, uma ferramenta de informação sobre os riscos dos agrotóxicos para a saúde, meio ambiente e também para uso agrícola.

As análises de resíduos de pesticidas na água compreende diferentes etapas, como coleta, estocagem e processamento das amostras, sendo cada uma determinante para o resultado. Todos os processos desde a coleta até a análise de resíduos em água, foram realizadas por um laboratório certificado. As amostras foram coletadas, na área de captação e na estação de tratamento. No momento da coleta, foram mensurados o pH e a temperatura da água. Para efetuar o transporte das amostras até o laboratório credenciado, é necessário mantê-las refrigeradas em uma temperatura menor que a observada no momento da coleta e abrigadas da luz, deste modo evita-se a perda ou transformações de algumas substâncias (ALMARIC *et al.*, 2011).

A pesquisa por fitossanitários em água é realizada por cromatografia em fase líquida ou gasosa, eventualmente acoplada a espectrometria de massa (BALLOY *et al.*, 2003). A cromatografia em fase gasosa apresenta uma performance superior para as moléculas

voláteis e termoestáveis, sendo que, aproximadamente, 60% dos resíduos de pesticidas são analisados por essa técnica. Em relação a cromatografia líquida, é comumente utilizada para avaliação de substâncias polares, não voláteis e termicamente lábeis. Já a espectrometria de massa permite ter uma melhor sensibilidade e confirmar a identidade das moléculas, mas também permite ter em conta a diversidade de interfaces de ionização para aceder à identificação de uma ampla gama de pesticidas com propriedades distintas e, em alguns casos, não identificáveis por cromatografia em fase gasosa (ALMARIC *et al.*, 2011).

Para análise de riscos de lixiviação utilizou-se o índice de *Groundwater ubiquity score* (GUS). Esse método permite avaliar a capacidade de provável risco de contaminação das águas subterrâneas, por meio de informações sobre os princípios ativos (BRITO, 2011).

O índice proposto por Groundwater Ubiquity Score (GOSS, 1992), avalia o potencial de contaminação de água subterrânea por herbicida segundo a EQUAÇÃO 1:

$$\text{GUS} = \log (\text{DT50 solo}) \times (4 - \log (\text{Koc})) \quad (1)$$

Onde:

DT50 solo = meia vida do produto no solo (dias);

Koc = coeficiente de adsorção ao carbono orgânico (L kg^{-1}).

Após a obtenção do valor do índice de GUS, o princípio ativo é classificado em uma das categorias, definidas por faixas pré-estabelecidas, conforme os seguintes intervalos:

- a) $\text{GUS} \leq 1,8 \Rightarrow$ Não sofre lixiviação;
- b) $1,8 < \text{GUS} < 2,8 \Rightarrow$ Faixa de Transição;
- c) $\text{GUS} \geq 2,8 \Rightarrow$ Provável Lixiviação.

Resultados e Discussão

Situação do local de estudo

Captada desde 1971 e fornecendo cerca $200 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ de água potável, a fonte Lenclio apresenta, regularmente, limites acima do permitido para a qualidade da água em relação a parâmetros de turbidez e de pesticidas (PRIMA GROUPE, 2013). Durante o período avaliado (1994-2011). Foram detectadas 15 moléculas diferentes advindas de produtos fitossanitários, sendo elas: Acetochlor, Alachlor, Aminotriazole, Atrazine, Atrazine desethyl, Bentazona, Carbendazim, Diuron, Isoprotuton, Metazacloro, S-metolacloro, Metsulfuron methyl, Napropamide, Simazina e Terbutilazina. Com exceção de uma molécula de fungicida (Carbendazim), elas correspondem a herbicidas de uso exclusivo agrícola (Suez Environnement - Terralys, 2012).

Desde 1996, 23 das 86 amostras avaliadas apresentaram valores no limite superior ou ultrapassaram o valor de potabilidade permitido para produtos fitossanitários ($0,1 \mu\text{g L}^{-1}$). Já a soma das moléculas fitossanitárias ultrapassou, em seis avaliações, o limite de potabilidade de $0,5 \mu\text{g L}^{-1}$. Esses resultados foram causados, principalmente, por 5 moléculas: S-metolacloro, Bentazona, Metazacloro, Atrazine desethyl e Atrazine (Suez Environnement- Terralys, 2012). As duas últimas moléculas não são mais utilizadas, foram proibidas desde 2003 pelo governo (LA FRANCE AGRICOLE, 2001).

Propriedades físico-químicas das moléculas

Com base nos resultados apresentados pelo cálculo de índice de GUS, a partir de valores de Koc e DT50 (A TO Z LISTE OF PESTICIDE ACTIVE INGREDIENTS, 2016), indicaram que o herbicida S-Metolacloro apresenta-se como potencial lixiviador para águas subterrâneas, uma vez que seu valor foi $> 2,8$. Tanto o Bentazone quanto o Metazocloro estão na faixa de transição, representando um médio potencial de lixiviação (Tabela 1).

No ambiente, os pesticidas podem se distribuir, degradar ou acumular nos diversos compartimentos do ecossistema (atmosfera, solo, sistemas aquáticos e nos seres vivos). Os fatores que afetam o destino dos pesticidas no meio ambiente são a forma de uso dos pesticidas, características ambientais e propriedades físico-químicas do princípio ativo (DORES et al., 1999).

Tabela 1: Propriedades físico-químicas do Bentazona, Metazacloro e S-metolacloro

Parâmetros	Bentazona	Metazacloro	S-metolacloro
Koc ($\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$)	55	54	240
DT50 solo (dias)	13	9	16
GUS	2,30	1,92	3,49
DT50 água (dias)	4	estável	estável
Nº de ultrapassagens	6	3	11
Taxa de detecção	16%	22%	45%

Koc: coeficiente de adsorção ao carbono orgânico; Taxa de detecção: porcentagem de aparição da molécula de acordo com todas as análises já feitas; DT50 solo: meia vida do produto no solo; DT50 água: meia vida do produto na água. Nº de ultrapassagens: represente o número de vezes em que a concentração da molécula foi superior à permitida durante o período de avaliação (1994-2011). Fonte: A TO Z LISTE OF PESTICIDE ACTIVE INGREDIENTS (2016).

O Koc, coeficiente de adsorção, é específico de cada composto químico, é uma medida da tendência de um composto orgânico para ser adsorvido por solos ou sedimentos.

Substâncias ou moléculas com valores pequenos de Koc são mais propensas a serem lixiviadas do que aquelas com maior Koc. Tanto o metazacloro quanto o bentazona, possuem um valor baixo, indicando que são móveis no solo. O S-metolacloro possui um valor moderado, sendo moderadamente móvel no solo (GOSS, 1992).

A persistência das moléculas no solo e na água é medida pela meia-vida do produto (DT50), que é o tempo para a concentração no ambiente ser reduzida à metade (CANUTO *et al.*, 2010). De acordo com os dados (Tabela 1), o S-metolacloro é a molécula mais persistente no solo (16 dias) e em contato com a água é estável. O metazacloro também é estável em água, mas possui uma meia vida no solo de 9 dias. Já o bentazona é o único dentre as três moléculas que possui uma meia vida na água de 4 dias e no solo é de, aproximadamente, 9 dias.

Dentre as três moléculas apresentadas, o S-Metolacloro é a que possui um maior número de ultrapassagens do limite de potabilidade (11 vezes) e também a mais encontrada em amostras, com uma taxa de detecção de 45%. Em seguida temos o bentazona que ultrapassou 6 vezes o limite permitido e tem uma taxa de detecção de 16%. Por fim o metazacloro, com 3 ultrapassagens e uma taxa de detecção de 22%.

Essas três substâncias são os princípios ativos mais preocupantes, além de serem as moléculas com maior número de vezes detectadas, possuem de médio a alto potencial de contaminação. Tais moléculas estão presentes em herbicidas utilizados em grandes culturas (E-phy, 2016).

Características das moléculas

S-metolacloro

Autorizado sob a forma S-metolacloro, é um herbicida pertencente ao grupo químico cloroacetanilida, com toxicidade Classe I. Seletivo, indicado para o controle pré emergente de plantas infestantes nas culturas de soja, milho, feijão e algodão. Caracteriza-se pela acentuada ação gramínicida sobre as espécies anuais, com forte ação sobre algumas espécies de folhas largas. Quando absorvido pelas raízes e aplicado apenas em semente de plantas daninhas, ele age como um inibidor de crescimento suprimindo a síntese da clorofila, proteínas, ácidos graxos, lipídios, isoprenóides e flavonóides (RIVARD, 2003). O S-metolacloro é encontrado em produtos como o Aliseo Gold Safeneur, Camix, Dual Gol, Eole e Mercantor gold (E-PHY, 2016). Apresenta um potencial de contaminação elevado,

podendo contaminar águas subterrâneas, e sua degradação depende, principalmente, de processos microbianos (PPDB, 2016).

O S-metolacloro e seus dois produtos de degradação, metolacloro-ESA e metolacloro-OA, foram detectados em águas subterrâneas nos Estados Unidos (SAGE, 2016). No Quebec, Canadá, o herbicida foi detectado em 86,7% das amostras coletadas entre 1992-2004 em águas superficiais com concentrações variando de 2,6 a 41 ppb (GIROUX *et al.*, 2006).

Bentazona

O bentazona pertence ao grupo das benzotiadiazinona, com toxicidade classe I. É um herbicida seletivo de contato utilizado na pós emergência inicial (no máximo seis folhas). É absorvido pelas cutículas e estômatos de folhas jovens, agindo contra a maioria das plantas daninhas (dicotiledônias) do milho, inibindo a fotossíntese através do bloqueio de fluxo de elétrons no fotossistema II (FSII) entre quinona *a* (Qa) e quinona *b* (Qb), perturbando a respiração. A molécula é também fonte de um esgotamento das reservas de glicídios em células vegetais que conduz a uma necrose completa da planta (EMBRAPA, 2006).

O N-methylbentazon e o 2-amino-N-isopropylbenzamide são seus principais produtos de degradação (SAGE, 2016). Apresenta características próprias a susceptibilidade de contaminar águas subterrânea, sendo encontrado em produtos como Corum, Faro 480, Cerac Adagio (E-PHY, 2016).

Metazacloro

Pertence ao grupo químico cloroacetanilida, com toxicidade Classe I. O metazacloro é um herbicida seletivo, absorvido pelos hipocótilos e raízes, inibidor da germinação. Utilizado para pré-emergência e pós-emergência precoce de inverno e gramíneas anuais, tais como *Alopecurus myosuroides*, *Avena fátua*, *Digitaria sanguinalis*, *Echinochloa crus-galli*, *Poa annua* e *Setaria spp.* E ervas daninhas de folhas largas como *Amaranthus*, *Anthemis*, *Matricaria*, *Polygonum*, *Sinapis*, *Solanum*, *Stellaria*, *Urtica* e *Veronica spp.* (COSTA, 2014). O metazacloro pode ser encontrado comercialmente nos produtos Ballet e Cleranda, Novall,Zebra e Sartax-D (E-PHY, 2016).

Efeitos aos seres vivos

S-metolacoloro

Seja qual for a via de exposição, o S-metolacoloro apresenta baixos efeitos em termos de intoxicação aguda. Quando em contato, provoca leve irritação aos olhos e praticamente nenhuma na pele (SAGE, 2016). Um estudos sobre a tolerância do S-metolacoloro, realizado pelo US Environmental Protection Agency em 2003, mostra que a substância não causou toxicidade particular nos estudos crônicos em animais de laboratório, sendo o efeito mais marcante uma diminuição de ganho de peso corporal. Entretanto, ele é classificado como um possível carcinogênico em humanos por ter causado um aumento de nódulos neoplásicos e de carcinomas hepatocelulares em fêmeas de ratos quando submetidas a uma elevada dose da substancia. Nenhum efeito sobre o desenvolvimento, reprodução ou sistema endócrino foi diagnosticado. O S-metolacoloro não é genotóxico e nem neurotóxico (USEPA, 2003).

O S-metolacoloro é pouco a moderadamente tóxico para peixes e invertebrados aquáticos de agua doce. Os efeitos adversos sobre algas e plantas aquáticas ocorrem a concentrações mais baixas em comparação com a observada em animais aquáticos (SAGE, 2016). A substância pode vir a se acumular nos tecidos adiposos de organismos aquáticos.

Bentazona

Estudos sobre os efeitos do bentazona na saúde demostram que a substância em animais de laboratório causou efeitos tóxicos em parâmetros hematológicos e de coagulação (aumento da tromboplastina, e do tempo de protrombina, anemia), além de efeitos a alguns órgãos (fígado, rins, glândula tireoide pâncreas, intestino e baço). O bentazona não é genotóxico e nem neurotóxico, também não causa perturbação na função endócrina (USEPA,2000).

A molécula é considerada pouco tóxica em peixes e invertebrados de água doce, moderadamente tóxica para as algas e plantas vasculares. Não apresenta bioacumulação em tecidos de organismos aquáticos (USEPA, 1994).

Metazacloro

A molécula possui baixa toxidade aguda, sendo ligeiramente irritante quando em contato com a pele e olhos. É classificado como um carcinogênico possível em humanos. Como um efeito crônico destaca-se o aumento do peso do fígado, sendo considerado possivelmente toxico para o órgão, aumento da bilirrubina no sangue. Não é genotóxico e

nem neurotóxico. Para organismos aquáticos, a substância é nociva podendo causar efeitos nefastos a longo prazo (PPDB, 2016).

Estratégias para a diminuição da poluição por herbicidas

A ocorrência de herbicidas além do permitido pela legislação nas águas superficiais e subterrâneas, pode ser consequência também das lavagens de tanques e do descarte de embalagens de pesticidas. A aplicação de um produto fitossanitário deve ser planejada de modo a evitar desperdícios, sobras e não ultrapassar a dose homologada do produto indicada para o campo (FILIZOLA et al., 2002).

De acordo com o decreto de 12 de Setembro de 2006 sobre a comercialização e a utilização dos produtos referidos no artigo L. 253-1 do código rural e da pesca marítima, existem duas possibilidades para a gestão de efluentes fitossanitários, a lavagem do pulverizador no campo, respeitando condições particulares, diluir no mínimo 5 vezes a quantidade de produto restante no fundo do tanque após aplicação, não lavar/despejar sempre na mesma parcela, respeitar a distância de no mínimo 50 metros de distância de pontos de água e 100 m para áreas de banhos. A segunda alternativa, são criações de áreas de lavagem próprias para tratar os efluentes.

Existem atualmente na França, diversos tipos de tratamentos de efluentes validados pelo Ministério da ecologia, do desenvolvimento durável e da energia (LARRIEU, 2015). Como exemplos, tem-se o Osmofilm, tratamento fitossanitário de efluentes por desidratação sob membrana translúcida. Esse processo de desidratação consiste em introduzir o efluente em um saco Osmofilm de uma capacidade de 250L, esse saco é constituído por uma membrana plástica seletiva, unicamente permeável para a água. Após um certo tempo exposto ao sol, só restara dentro do saco os produtos fitossanitários concentrados, que devem ser eliminados em centros especiais para resíduos perigosos (LARRIEU, 2015) (Figura 2a); Phytobac®, consiste em uma mistura de solo - palha isolado do ambiente, é um sistema de degradação de pesticidas com base no processo de cama biológica. A técnica conta com o poder purificador do solo, onde as substâncias são naturalmente degradadas pelos microorganismos (Figura 2b); Heliosec, o processo baseia-se no princípio de desidratação natural dos efluentes fitossanitárias. O efluente é dirigido para uma cuba, coberta na sua parte superior por uma telha que permite a entrada dos raios de luz e os lados abertos, onde sob o efeito combinado do calor e do vento, o efluente é desidratado até tornar-se um extrato seco (Figura 2c).

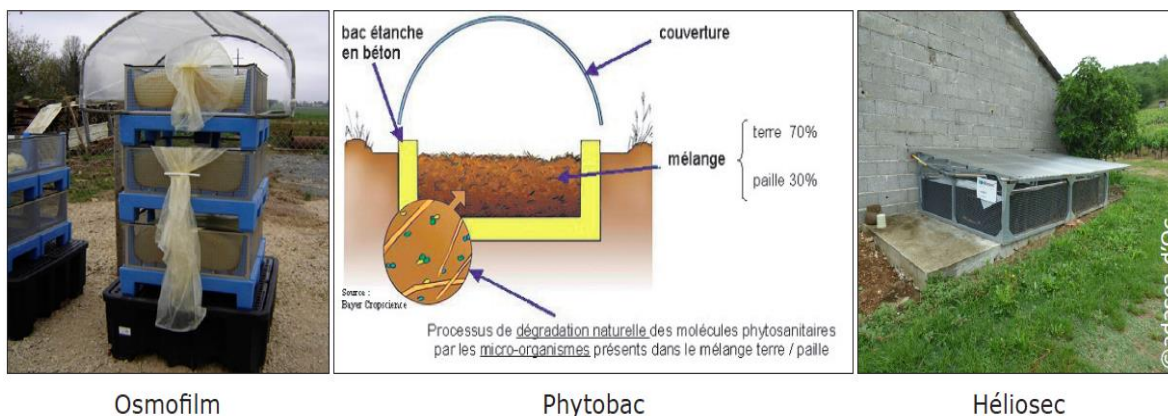


Figura 2: Exemplos de tratamentos de efluentes Osmofilm (a), Phytobac (b) e Héliosec (c).
Fonte: Chambre d’agriculture de Lot-et-Garonne (2015)

Métodos de controle de plantas daninhas

A escolha do método de controle das diversas espécies de plantas daninhas presentes na área de interesse deve levar em conta as condições locais de mão-de-obra e de equipamentos, sem esquecer dos aspectos ambientais e econômicos (DEUBER, 1992). As possibilidades de controle de plantas daninhas incluem os métodos preventivo, cultural, mecânico, biológico e químico. No entanto, para sustentabilidade dos sistemas agrícolas, é importante a integração das medidas de controle observando-se as características do solo, do clima e aspectos socioeconômicos do produtor (EMBRAPA, 2006).

As seguintes práticas agrícolas expostas no presente trabalho, são levadas aos agricultores da região da área de captação da fonte pelos profissionais do Chambre d’agriculture de Lot- et-Garonne, responsáveis por auxiliar os agricultores a otimizar suas práticas e intervenções agrícolas para diminuir o uso de herbicida na região ou evitar sua fácil lixiviação.

Prevenção

O objetivo é evitar a introdução, o estabelecimento e a disseminação de novas espécies invasoras. Ações preventivas como utilizar sementes de boa qualidade, provenientes de campos controlados e livre de disseminulos; a escolha correta de cultivares; limpeza rigorosa das máquinas e de todos os implementos antes de serem transportados para outras áreas; rotação de cultura; limpeza de margens de estradas e de cercas; utilização de esterco animal já compostado; entre outras, são medidas preventivas que podem reduzir a aparição de invasoras em áreas agricultáveis (GRAZZIEIRO *et al.*, 2001).

Rotação e sucessão de culturas

A rotação de culturas é a base para prevenção e manejo da resistência. As vantagens são inúmeras: produção agrícola diversificada, melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo, controle de plantas daninhas, doenças e pragas, reposição de matéria orgânica e proteção contra a ação dos agentes climáticos no solo (GRAVENA *et al.*, 2004). A rotação de culturas também permite a rotação de herbicidas, e com a sucessão de culturas, tem-se a possibilidade de manter a área ocupada pela espécie desejada, não permitindo a infestação por espécies daninhas (CARVALHO, 1998).

Manejo populacional

O manejo populacional consiste no arranjo espacial das plantas da cultura, em função do porte da cultivar utilizada, e também por meio de mudanças no número de plantas por área, podendo-se alterar tanto o espaçamento entre as linhas quanto o número de plantas por linha. Com isso, planeja-se a ocupação ideal do solo, buscando-se o potencial produtivo da cultivar e reduzindo-se o espaço disponível a outras plantas não desejáveis. De acordo com o estudo de Braz (1996), observou que para *Bidens pilosa*, *Alternanthera tenella* e *Mimosa invisa*, ocorreram reduções populacionais de 39,1%, 58,7% e 79,3%, respectivamente, com apenas a redução do espaçamento da soja de 51 para 34 cm, em função do maior sombreamento proporcionado pela cultura da soja sobre as espécies invasoras.

Manejo do solo

O manejo do solo possui um papel importante na prevenção de invasoras, pois a grande maioria das sementes de plantas invasoras emerge de uma profundidade de 5 cm ou menos. A concentração de sementes nos primeiros centímetros do solo é importante, pois influencia diretamente no número de plantas daninhas que irão se desenvolver. Dessa forma, o manejo do solo pode enfraquecer as plantas por danos em suas raízes ou/e partes aéreas, e até mesmo as enterram no solo. Em geral, quanto mais jovens e pequenas, mais fácil será para elimina-las. Aquelas já bem instaladas com um sistema radicular desenvolvido são mais difíceis de suprimir. Espécies anuais e bianuais são mais sensíveis ao manejo do solo quando comparada com as perenes que possuem uma elevada capacidade reprodutiva e persistência no ambiente (EMBRAPA, 2006)

Sistema de plantio direto

O sistema de plantio direto pode ser uma boa alternativa para diminuir o uso e a lixiviação de herbicidas, pois a permanente presença de cobertura viva e morta no solo proveniente dos cultivos, funciona como um elemento isolante que reduz a amplitude térmica do solo e filtra a luz solar. O processo de germinação de plantas daninhas está intimamente relacionado a estes fatores, reduzindo substancialmente sua emergência em plantio direto com abundante quantidade de cobertura do solo. Além disso, o sistema de plantio direto melhora a fertilidade do solo pelo aumento dos níveis de matéria orgânica isso acaba acelerando a degradação dos herbicidas quando aplicados no solo, devido ao aumento de microrganismos (KLIEWER, 2003).

A aplicação de herbicidas pré-emergentes, como a mistura atrazine e metolachlor, recomendados para o plantio convencional, com solo bem preparado, livre de torrões e restos vegetais, tem sido feita também em sistema plantio direto onde há grande quantidade de cobertura. Neste caso, boa parte desses herbicidas é interceptada pela cobertura, sendo que alguns herbicidas são retidos com maior facilidade que outros; tais diferenças podem estar ligadas principalmente a diferentes solubilidades e à pressão de vapor de cada herbicida, quantidades e origens das coberturas mortas e intensidades e épocas de ocorrência de chuvas após a aplicação desses produtos (FORNAROLLI et al., 1998 *apud* OLIVEIRA, 2001).

Segundo Correia (2002), a cobertura do solo possui um importante papel no manejo integrado das plantas daninhas, permitindo em alguns casos minimizar o uso de herbicidas com redução de doses, como constatado na palha de sorgo híbrido Ambar que, aos 10 dias após a aplicação do herbicida, não apresentou diferença significativa entre as doses 15 e 30 g ha⁻¹ de imazamox no controle das plantas daninhas, com 88,75% e 91,25% de controle, respectivamente.

Em relação aos efeitos químicos, a cobertura do solo pode ter influência alelopática sobre as plantas daninhas. O processo de decomposição dos resíduos vegetais na superfície do solo libera gradualmente uma série de compostos orgânicos denominados aleloquímicos, muitos deles interferem diretamente na germinação e emergência das plantas indesejáveis, sendo que a quantidade e a composição dos resíduos vegetais é responsável pelo nível de interferência (MONQUERO, 2009).

Herbi-semis

Consiste em uma pulverização sobre a semeadura, sendo uma técnica para reduzir a utilização de herbicida, concentrando sua aplicação somente nas linhas onde as sementes são plantadas. Um sistema de bicos é acoplado acima dos discos, sobre o semeador (Figura 2) e conforme se abre as linhas e se deposita a semente, no mesmo momento é aplicado um herbicida pré emergente contra invasoras. Essa técnica pode vir acompanhada pelo trabalho mecânico de capina entre linhas. Tal pratica permite diminuir entre 50 a 60% a quantidade de herbicida aplicado (ARVALIS, 2013).

Fonctionnement de l'herbi-semis:

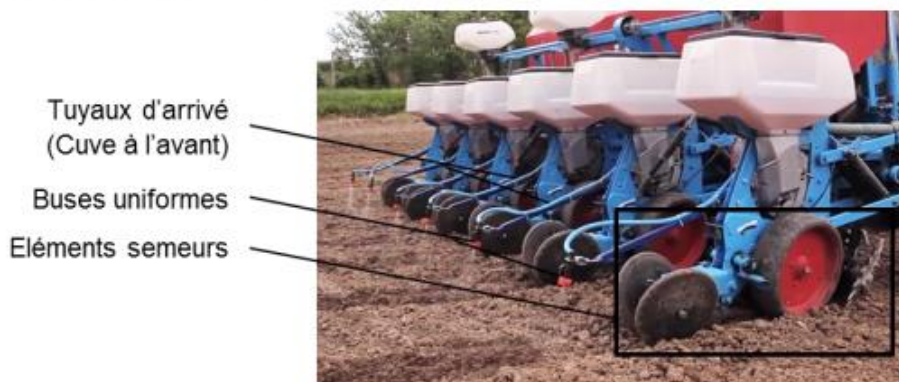


Figura 2: Bicos acoplados sobre o semeador para aplicação de herbicida sobre as linhas.

Fonte: Arvalis (2013).

Falsa - semeadura

O falso - plantio é recomendado para diminuir o stock de sementes nas parcelas. É um preparo convencional superficial do solo (menos de 5 cm de profundidade), que visa estimular a emergência de plantas daninhas e destruí-las mecanicamente antes do estabelecimento da cultura. O seu sucesso depende da escolha das ferramentas e também das condições climáticas. Indica-se fazer após a colheita e, no mínimo, 2 semanas antes da nova cultura ser implantada afim de evitar o efeito atrasado de emergência de plantas daninhas. Essa técnica é eficaz sobre espécies anuais com uma dormência fraca como *Lolium perenne*, *Bromus sterilis*, *Alopecurus myosuroides*, que costumam aparecer em campos de canola e cereais cultivados na França (ARVALIS, 2013).

Adubação verde

As plantas de cobertura, utilizadas como adubo verde, geralmente formam uma barreira física para as plantas invasoras, competindo por água, luz e nutrientes e, quando manejadas adequadamente, podem diminuir o número de capinas e evitar/reduzir a utilização

de herbicidas. Favero et al. (2001), estudando feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), feijão-bravo-do-ceará (*Canavalia brasiliensis*), mucuna-preta (*Mucuna aterrima*), lab-lab (*Dolichos lablab* L.) e guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp) no controle de plantas daninhas, observaram que a mucuna-preta se destacou das demais quanto à capacidade de recobrir o solo e abafar as plantas daninhas. Os mesmos autores também verificaram que houve uma mudança na dinâmica de sucessão de espécies nas parcelas cultivadas com essas leguminosas, indicando uma possível seleção das plantas invasoras imposta pelas mudanças edafoclimáticas promovidas por elas.

Manejo Biológico

O controle biológico das plantas daninhas pode ser definido como a ação de organismos (predadores, parasitas, etc) na manutenção/diminuição de uma população de planta daninha em uma densidade menor a àquela que ocorre naturalmente, e que, portanto, não cause dano econômico (PITELLI *et al.*, 2003). Os principais estudos têm sido conduzidos com fungos e insetos. O controle biológico é altamente específico, ou seja, um agente de controle ataca apenas uma espécie ou poucas espécies dentre de um mesmo gênero de plantas. Ele deve ser seletivo para que os agentes não provoquem danos às plantas cultivadas. Por exemplo, para o controle do capim-colchão (*Digitaria sanguinalis*) pode-se usar como agente de controle *Curvalaria intermedia* (fungo) que causará doenças nas plantas (EMBRAPA, 2003).

Por fim, uma medida importante é conscientizar os agricultores. Estudos mostraram que a conscientização dos agricultores para práticas agrícolas mais adequadas diminuiu o problema de contaminação de água em municípios onde houve programas de educação ambiental no campo os quais tiveram 56% menor incidência de contaminação (SOARES & PORTO, 2007).

Conclusão

Uma vez poluídas ou contaminadas por herbicidas, as águas subterrâneas demandam um elevado dispêndio de recursos financeiros e humanos para sua remediação, sem contar o grande risco a saúde humana devido as propriedades dos produtos. Desta forma, devem ser tomadas medidas preventivas para sua proteção, associadas ao controle de poluição como um todo. Práticas agrícolas como rotação de cultura, plantio direto podem diminuir o uso de

herbicidas na área de alimentação de captação da fonte Lenclio e reestabelecer a potabilidade de mananciais hídricos.

Referências Bibliográficas

A TO Z LIST OF PESTICIDE ACTIVE INGREDIENTS, Universidade de Hertfordshire. Disponível em: < <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/atoz.htm> >. Acesso em: 20 out. de 2016.

AMALRIC L. Compatibilité des méthodes d'analyse des substances organiques avec les exigences des programmes de surveillance de la DCE, Rapport final, 2010.

ARVALIS - INSTITUT DU VÉGÉTAL. 56 Solutions concrètes pour réduire l'impact de produits phytosanitaires. Guide pratique, ed. Sud, p. 75, 2013.

BALOY, G.; HERAULT, S.; ISRAEL, R. Les pesticides dans l'eau potable. Guide technique, 2003. Disponível em: < http://www.observatoire-pesticides.fr/upload/bibliotheque/402219326059713987757854796879/eaux_pesticides.pdf >. Acesso em: 9 out. 2016.

BRAZ, B. A. Efeitos de reduções de distâncias entrelinhas e de dosagens de latifolicidas no controle de plantas daninhas na cultura de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). 1996. 143 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - FCAV/Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

BRITTO, F. B., DO VASCO, A. N., PEREIRA, A. P. S., JÚNIOR, A. V. M., & NOGUEIRA, L. Herbicidas no alto Rio Poxim, Sergipe e os riscos de contaminação dos recursos hídricos. *Revista ciência agrônômica*, v. 43, n. 2, p. 390-398, 2011. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 43, n. 2, p. 390-398, 2011.

CALLIGEE - Délimitation des Aires d'Alimentation des Captages prioritaires du bassin Adour Garonne: Phase 3: Vulnérabilité intrinsèque des aires d'alimentation des captages

CANUTO, T. G., GAMA, A. F., DE SÁ BARRETO, F. M., & NETO, M. D. F. A. Estimativa do risco potencial de contaminação por pesticidas de águas superficiais e subterrâneas do município de Tianguá-CE, com aplicação do método de GOSS e índice de GUS. **Águas Subterrâneas**, 2010.

CARVALHO, J. A.; CORREIA, N. M. (Ed.). Manejo de plantas daninhas nas culturas da soja e do milho. Uberlândia: UFU, 1998. p. 8-34

CHAMBRAGRILOT. Qualité de l'eau. Disponível em: <<http://www.lot.chambagri.fr/environnement/qualite-de-leau.html>>. Acesso em: 07 out. 2016.

CORREIA, N. M. Palhadas de sorgo associadas ao herbicida imazamox no controle de plantas daninhas e no desenvolvimento da cultura da soja em sucessão. 2002. 59 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

COSTA, N. V., NEUNFELD, T. H., OHLAND, T., PIANO, J. T., RODRIGUES-COSTA, A. C. P. Efeito de herbicidas aplicados em jato dirigido no desenvolvimento inicial de plantas de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 13, n. 1, p. 8-14, 2014.

DEUBER, R. Ciência das plantas daninhas: Fundamentos. 1ª ed., v. 1, Jaboticabal, FUNEP, 1992.431p.

DORES, E. F. G. C.; DE-LAMÔNICA-FREIRE, E. M. Contaminação do Ambiente Aquático por agrotóxico: Vias de contaminação e dinâmica dos agrotóxicos no Ambiente Aquático. **Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 9, p. 1-18, 1999.

E-PHY - Le catalogue des produits phytopharmaceutiques et de leurs usages des matières fertilisantes et des supports de culture homologués en France. Acesso em: 30 set. 2016.

EMBRAPA- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. Manejo integrado de plantas daninhas. Doc. 103, p. 27, 2003

EMBRAPA- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. Principais herbicidas indicados para cultura de milho no sistema plantio direto e no preparo convencional do solo, Passo Fundo, 2006.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA – Controle de plantas daninhas perenes, nº 61, Passo Fundo, RS, 2006.

FAVERO, C.; JUCKSCH, I.; ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M. da. Modificações na população de plantas invasoras na presença de adubos verdes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 36, n. 11, p. 1355-1362, nov. 2001.

FILIZOLA, H. F.; FERRACINI, V. L.; SANS, L. M. A.; GOMES, M. A. F.; FERREIRA, C. J. A. Monitoramento e avaliação de risco de contaminação por pesticidas em água superficial e subterrânea na região de Guaíra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.659-667, 2002.

FRANCE AGRIMER - Accompagner Les Filières. Disponível em: <<http://www.franceagrimer.fr/filiere-grandes-cultures/Cereales>> Acesso em 18 out. 2016.

FRANÇA, Decreto nº2001-1220 de 20 de dezembro de 2001.

FRANÇA, Decreto 12 de setembro de 2006.

GAMA, A. F.; CANUTO, T. G.; & DE SÁ BARRETO, F. M. Aplicação do índice de gus na avaliação preliminar do risco potencial de contaminação em águas subterrâneas pela lixiviação de atrazina, simazina e metil paration em solo do tipo latossolo. In *v connepi-2010*.

GAZZIEIRO, D. L. P.; ADEGAS, F. S.; PRETE, C. E. C.; et al. As plantas daninhas e a semeadura direta. Londrina: Embrapa-CNPSO, 2001. p. 59 (Embrapa-CNPSO. Circular técnica, n. 33).

GIROUX, I, C. ROBERT, N. DASSYLVA. Présence de pesticides dans l'eau au Québec - Bilan de cours d'eau de zones en cultures de maïs et de soya en 2002, 2003 et 2004 et dans les réseaux de distribution d'eau potable. Ministère de Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 57 pages, 2006.

GOSS, D. W. Screening procedure for soils and pesticides for potential water quality impacts. Weed Technology, v.6, p.701-708, 1992.

GRAVENA, R. et al. Controle de plantas daninhas através da palha de canadeaçúcar associada à mistura dos herbicidas trifloxysulfuron sodium +ametrina. Planta Daninha, Viçosa, v.22, p. 419-427, 2004.

INRA- INSTITUT NACIONALLE DE LA RECHERCHE AGORNOMIQUE. Inventaire et localisation des cartographies pedologiques en Aquitaine, 1986.

INSEE. INSTITUT NACIONAL DE LA STATISTIQUE ET DES ÉTUDES ÉCONOMIQUES –Le Lot-et-Garonne à grands traits, 2016. Disponível em: <http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?reg_id=29&ref_id=24084**>. Acesso em: 03 out. 2016.

KLIEWER, I. Alternativas de controle de plantas daninhas sem herbicidas. In: **World congress on sustainable agriculture**. 2003.

LA FRANCE AGRICOLE. Les triazines seront interdites d'ici deux ans, 2001. Disponível em: < <http://www.lafranceagricole.fr/article/les-triazines-seront-interdites-d-ici-deux-ans-1,0,68433888.html> >. Acessado em: 18 out. 2016.

LARRIEU, N.; N. De la preparation de la bouillie au traitement des effluents phytosanitaires. Chambre d'agriculture lot, 2015.

METEO FRANCE. Disponível em: <http://www.meteofrance.com/climat/france/agen/47091001/normales> . Acesso em 10 out. 2016.

MOMAGRI - MOUVEMENT POUR UNE ORGANISATION MONDIALE DE L'AGRICULTURE. La France est-elle encore une grande puissance agricole?. Disponível em: <www.momagri.org/pdfpresse/La-France-est-elle-encore-une-grande-puissance-agricole-.pdf >. Acesso em: 05 out. 2016.

MONQUERO, P. A. et al. Efeito de adubos verdes na supressão de espécies de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 27, n. 1, p. 85-95, 2009.

OLIVEIRA, M. D., ALVARENGA, R. C., OLIVEIRA, A. D., & CRUZ, J. C. Efeito da palha e da mistura atrazine e metolachlor no controle de plantas daninhas na cultura do

milho, em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 1, p. 37-41, 2001.

PITELLI, R. A., NACHTIGAL, G. F., & PITELLI, R. L. C. M. Controle biológico de plantas daninhas. In: Manzanillo: **Congreso Latinoamericano de Malezas**. 2003. p. 518-524.

PPDB: Pesticide Properties DataBase. A to Z List of Pesticide Active Ingredients. Disponível em: < <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/atoz.htm>> Acesso em: 20 out. 2016

PRIMA GROUPE - Mise en conformite de la source de lenclio, 2013. Disponíveis em< http://www.lot.gouv.fr/IMG/pdf/DossierA_DUP_Lenclio_Decembre2013.pdf>. Acesso em: 20 out. 2016

RIVARD, L. Environmental Fate of Metolachlor Environmental Monitoring Branch Department of Pesticide Regulation 1001 I Street Sacramento, CA 95812 April 2003

SAGE. Pesticides. Disponível em: < <http://www.sagepesticides.qc.ca/Recherche/RechercheMatieres.aspx>>. Acesso em: 20 out. 2016.

SANCHES, S. M. et al. Pesticidas e seus respectivos riscos associados a contaminação da água. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 13, p.53-58. 2003.

SOARES, W. L.; PORTO, M. F. Atividade agrícola e externalidade ambiental: uma análise a partir do uso de agrotóxicos no cerrado brasileiro. **Revista Ciência & Saúde Coletiva**, v.12, p.131-143, 2007.

SUEZ ENVIRONNEMENT – TERRALYS. Diagnostic des pressions d’origine agricole et non agricole. Source lenclio commune de mauroux (46), 2012.

STEFFEN, G. P. K., STEFFEN, R. B., & ANTONIOLLI, Z. I. Contaminação do solo e da água pelo uso de agrotóxicos. **Tecno-Lógica**, v. 15, n. 1, p. 15-21, 2011.

USEPA - United States Environmental Protection Agency, 2000. Bentazon; Pesticide Tolerance. Federal Register Environmental Documents, March 8, 2000, volume 65, nº 46, p. 12122-12129.

USEPA - United States Environmental Protection Agency, Office of Prevention, Pesticides and Toxic Substances), 1994, Reregistration Eligibility Decision Bentazon, 199 pages.

USEPA-US - Environmental Protection Agency, 2003. S-Metolachlor; Notice of Filing a Pesticide Petition to Establish a Tolerance for a Certain Pesticide Chemical in or on Food. Federal Register Environmental Documents, August 13, 2003, volume 68, nº 156, p.48373-48377.

VANDEWALLE, C. Priorité d’action pour le captage de Lenclio. **Dossier Eau Potable Du Curatif Au Preventif**, p.18, 2011.