

ỨNG DỤNG MÔ HÌNH SWAT ĐÁNH GIÁ LƯU LƯỢNG DÒNG CHẢY VÀ BỒI LẮNG TẠI TIỂU LƯU VỰC SÔNG LA NGÀ

ASSESSMENT OF WATER DISCHARGE AND SEDIMENT YIELD IN LA NGA SUB-WATERSHED USING SWAT

Nguyễn Kim Lợi⁽¹⁾, Nguyễn Hà Trang⁽²⁾,

⁽¹⁾ Khoa Môi trường và Tài nguyên – Đại học Nông Lâm TP.HCM

⁽²⁾ Khoa Công nghệ Hóa học và Thực phẩm – Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM

Email: ngukloi@hcmuaf.edu.vn

ABSTRACT

The water supply issues in Vietnam are especially acute in the watershed area where unexpected drought, soil erosion, nonpoint source pollution, reservoir eutrophication, and inappropriate development for stock farming or recreation have continuously lowered the essential level of water quality and quantity. On the other hand, the rapid increase of population and the driving force of economic growth further accelerate the need for various land uses within the watershed. To contemplate the scope of such problems, as experienced in many other developing countries, the efforts of pursuing integrated optimal planning to achieve the sustainable uses of these watershed resources becomes critical. Many studies have been made of multi-objective land-use planning under various conditions, such as those applied in an industrial complex, a watershed. However, very few of them focus on the evaluation of the optimal balance between economic development and environmental quality within a watershed.

This study was applied SWAT Model and GIS technique to assess water quality, water discharge and sediment yield in La Nga sub-watershed and compare the result of two scenarios. The output of SWAT model indicated that land use change and deforestation impacted surface flow and sediment yield in La Nga sub-watershed. The year 2007(Scenario 2) less precipitation than at year 2002 (Scenario 1) but the surface flow (914.89) at year 2007 about 1.04 times compare with surface flow (882.72) at year 2002, and also sediment yield at year 2007 about 14.41 ton/ha compare with 11.49 ton/ha at year 2002. This figure is also shown that 15721.43 ha natural forest about 10 percent of studied area in 2002 was converted to rubber in 2007 which is cause surface flow 1.04 times increasing and also sediment yield in Tri An reservoir 1.25 times increasing.

Keyword: Water quality, La Nga Sub-watershed, SWAT

ĐẶT VẤN ĐỀ

Quá trình phát triển kinh tế mạnh mẽ đã khẳng định vị trí của Việt Nam trên thế giới. Tuy nhiên, mặt trái của nó chính là sự ô nhiễm môi trường. Một trong số đó là vấn đề suy thoái lưu vực. Sự suy thoái lưu vực là một hiện tượng đã và đang diễn ra trên toàn thế giới. Có rất nhiều nguyên nhân làm cho lưu vực suy thoái, nhưng quan trọng nhất là việc sử dụng không hợp lý tài nguyên. Hậu quả của sự suy thoái lưu vực là những trận lũ lụt, môi trường bị tác động xấu gây ảnh hưởng rất lớn đến kinh tế xã hội của người dân trong vùng. Từ sau giai đoạn nền kinh tế mở cửa, phần lớn diện tích của lưu vực sông La Ngà được chuyển đổi sang những loại hình canh tác hay phát triển đô thị, mang nhiều lợi ích kinh tế. Chính vì thế, mục đích của nghiên cứu là ứng dụng mô hình SWAT và GIS để đánh giá chất lượng nước lưu vực sông La Ngà và cung cấp thông tin hỗ trợ cho nhà quản lý lựa chọn phương án quy hoạch tốt.

TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

Mô hình SWAT

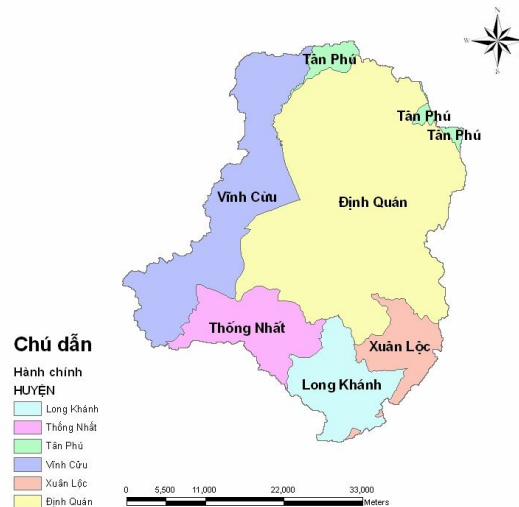
SWAT (Soil and Water Assessment Tool) là công cụ đánh giá nước và đất. SWAT được xây dựng bởi tiến sĩ Jeff Arnold ở Trung tâm phục vụ nghiên cứu nông nghiệp (ARS - Agricultural Research Service) thuộc Bộ Nông nghiệp Hoa Kỳ (USDA - United States Department of Agriculture). SWAT là mô hình dùng để dự báo những ảnh hưởng của sự quản lý sử dụng đất đến nước, sự bồi lắng và lượng hóa chất sinh ra từ hoạt động nông nghiệp trên những lưu vực rộng lớn và phức tạp trong khoảng thời gian dài. Mô hình là sự tập hợp những giải thuật toán để thể hiện mối quan hệ giữa giá trị thông số đầu vào và thông số đầu ra.

SWAT cho phép mô hình hóa nhiều quá trình vật lý trên cùng một lưu vực. Ý nghĩa của mô hình SWAT là một lưu vực lớn có thể được chia thành nhiều tiểu lưu vực, mô hình hóa theo tiểu lưu vực mang lại lợi ích khi những vùng này tương đồng về đặc điểm sử dụng đất và tính chất đất. Sự phân chia này giúp người sử dụng có thể áp dụng kết quả nghiên cứu của một vùng này vào một vùng khác khi chúng có sự tương đồng nhất định.

Thông tin đầu vào đối với mỗi tiểu lưu vực sẽ được tập hợp và phân loại thành những nhóm chính sau: khí hậu, HRUs, hồ, nước ngầm, sông chính và nhánh, đường phân thủy. Để dự báo một cách chính xác sự di chuyển của thuốc trừ sâu, phù sa và dưỡng chất thì mô hình cần phải phù hợp với những diễn biến đang xảy ra trong lưu vực. Mô hình thủy học trong lưu vực được phân chia thành hai nhóm chính, chúng có thể tồn tại riêng lẻ: Chu trình thủy văn nước ngầm: kiểm soát lượng nước, sự bồi lắng, dinh dưỡng và thuốc trừ sâu được đưa từ trong mỗi tiểu lưu vực ra sông chính. Chu trình nước trong hệ thống sông: kiểm soát quá trình di chuyển của dòng nước và quá trình bồi lắng diễn ra từ trong hệ thống sông ngòi của lưu vực đến cửa sông.

Khu vực nghiên cứu

Sông La Ngà ở thượng lưu có tên là Da R'Gna bắt nguồn từ các suối nhỏ ở vùng cao nguyên Di Linh, Bảo Lộc và Bảo Lâm tỉnh Lâm Đồng, chảy về huyện Tân Linh, Đức Linh tỉnh Bình Thuận, các huyện Xuân Lộc, Định Quán tỉnh Đồng Nai rồi đổ vào hồ Trị An. Tổng diện tích của khu vực nghiên cứu là 158 931 ha chiếm 26.98% diện tích tự nhiên của tỉnh Đồng Nai, thuộc địa bàn sáu huyện. Trong đó, diện tích thuộc huyện Tân Phú là: 3 800.180 ha; huyện Long Khánh: 14 854.460 ha; huyện Thống Nhất: 15206.025 ha; huyện Vĩnh Cửu: 33 751.071 ha; huyện Xuân Lộc: 9 345.296 ha; huyện Định Quán: 81 967.995 ha. Khu vực có chứa hồ Trị An, nơi đây là hợp lưu của hai sông La Ngà và Đồng Nai nên quá trình thủy văn diễn ra khá phức tạp. Phần lớn diện tích ở đây là rừng tự nhiên, rừng trồng, đất trồng cây công nghiệp, đất trồng hoa màu và một số diện tích trồng lúa vì vậy đề tài tập trung vào vấn đề ô nhiễm phân tán gây ra bởi quá trình canh tác của con người và các quá trình xảy ra trong tự nhiên. Khu vực nghiên cứu được chia thành mười tám tiểu lưu vực.

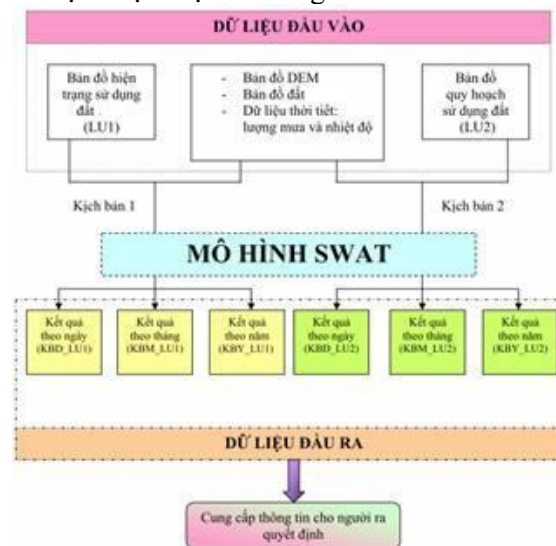


Hình 1: Khu vực nghiên cứu

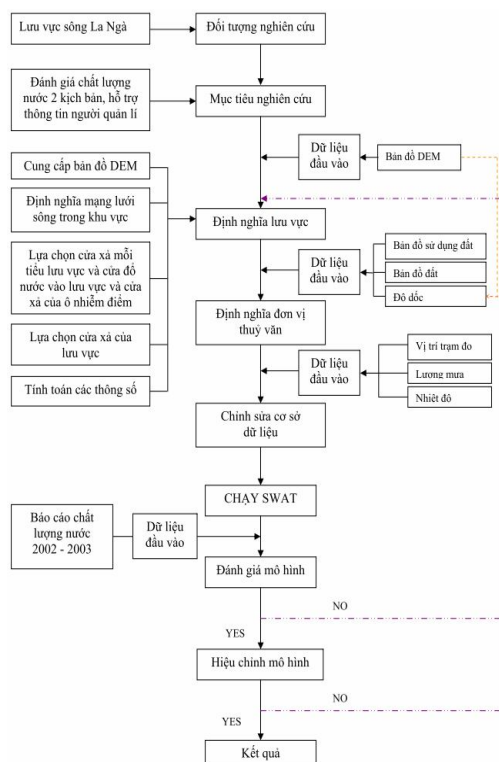
PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Hai chức năng chính của SWAT là: đánh giá chất lượng nước và đất tại khu vực nghiên cứu từ dữ liệu thực để thể hiện chất lượng môi trường của khu vực tương ứng với điều kiện địa hình, khí hậu và hiện trạng sử dụng đất tại thời điểm nghiên cứu (kịch bản 1, năm 2002); sau khi thực hiện (kịch bản 1) sẽ thay thế bản đồ hiện trạng sử dụng đất của khu vực tại thời điểm nghiên cứu bằng bản đồ sử dụng đất năm 2007 với những điều kiện còn lại giữ nguyên (kịch bản 2). Phương pháp luận và tiến trình thực hiện như được trình bày trong Hình 2, 3.

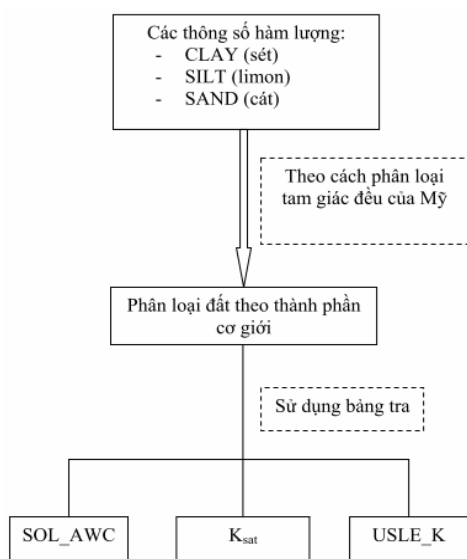
Trong nghiên cứu này tập trung đánh giá chất lượng môi trường đất nước, cung cấp thông tin hỗ trợ cho người quản lí. Dữ liệu đầu ra của SWAT cung cấp rất nhiều thông số: tổng khối lượng NO_3 (vào/ra), tổng khối lượng NO_2 (vào/ra), tổng khối lượng NH_4 (vào/ra), tổng khối lượng P (vào/ra), lưu lượng dòng vào/ra, tổng khối lượng đất bồi lắng (vào/ra), tổng lượng phân bón (vào/ra), tổng lượng thuốc trừ sâu (vào/ra)... Trong giới hạn của bài viết này chỉ lựa chọn một số thông số để xem xét.



Hình 2: Phương pháp luận mô hình SWAT



Hình 3: Sơ đồ tiến trình thực



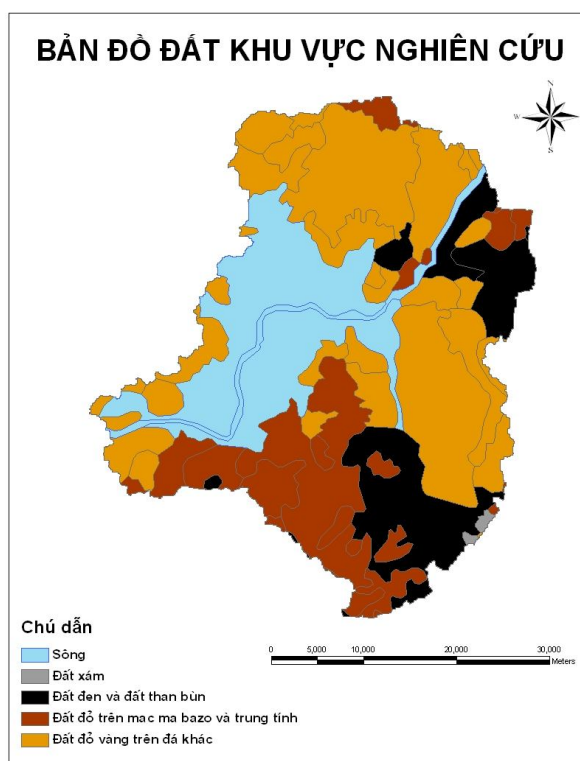
Hình 4: Qui trình xử lý dữ liệu đất

Dữ liệu đầu vào

Dữ liệu đầu vào của SWAT được sắp xếp theo từng cấp độ chi tiết: lưu vực, tiểu lưu vực hay đơn vị thủy văn. Những đối tượng đơn lẻ như: hồ, nguồn điểm có dữ liệu đặc trưng của đối tượng đó, và cũng nằm trong của lưu vực. Phương pháp được lựa chọn để mô hình hóa khả năng bốc hơi trực tiếp và gián tiếp sẽ ứng dụng trên tất cả các đơn vị thủy văn (HRU). Dữ liệu ở mức độ tiểu lưu vực là những số liệu giống nhau trên tất cả HRUs trong tiểu lưu vực đó nếu dữ liệu thuộc một quá trình được mô hình trong HRU. Tương tự với dữ liệu ở cấp HRUs.

Dữ liệu đất và sử dụng đất

Đề tài sử dụng số liệu đất được cung cấp từ Trung tâm nghiên cứu đất, phân và môi trường khu vực phía Nam. Bản đồ đất được trình bày trong Hình 5.



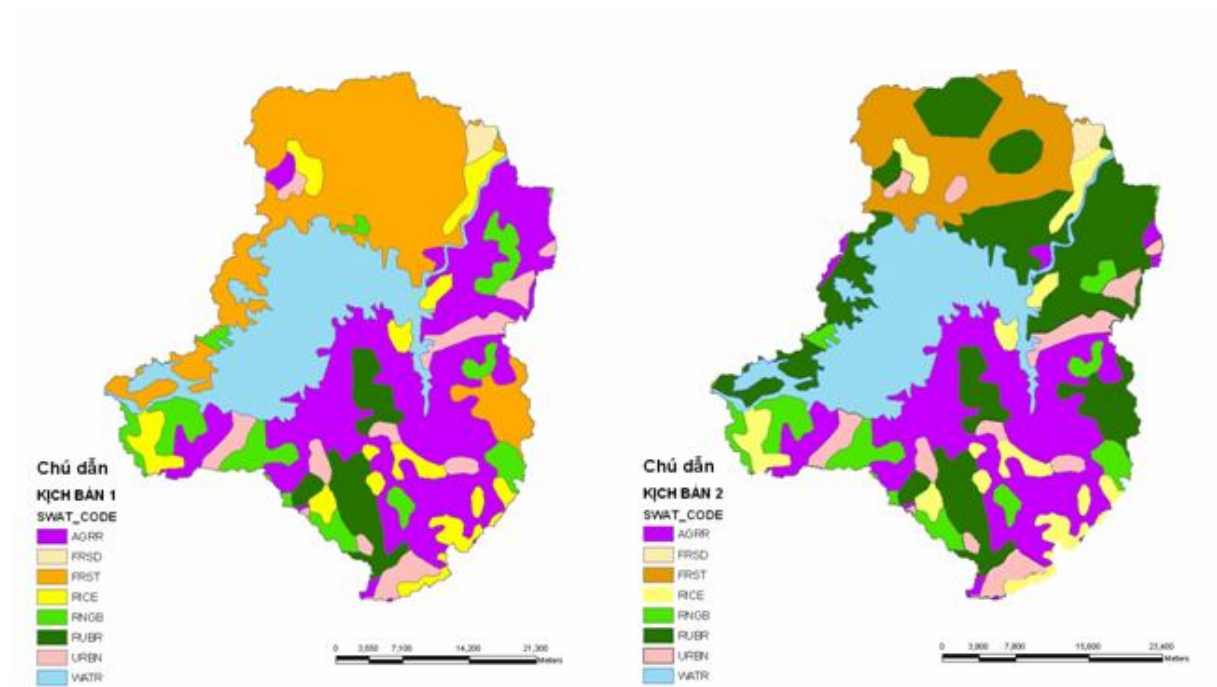
Hình 5: Bản đồ đất khu vực nghiên cứu

Dữ liệu sử dụng đất

Các loại hình sử dụng đất tại tiểu lưu vực La Ngà trong năm 2002 và 2007 như được trình bày trong Bảng 1 và Hình 6 và 7.

Bảng 1: Bảng mã sử dụng đất trong SWAT

STT	Tên loại hình sử dụng đất	Mã trong SWAT	Diện tích (ha)	
			Năm 2002 (Sce 1)	Năm 2007 (Sce 2)
1	Rừng trồng	FRSD	2201,863	2201,863
2	Dân cư	URBN	8846,573	8980,665
3	Cao su	RUBR	13828,220	35917,800
4	Sông, suối	WATR	10557,930	10557,930
5	Đất trống	RNGB	18833,600	18325,560
6	Đất màu	AGRR	38123,710	32129,500
7	Đất chuyên lúa	RICE	23052,240	23052,240
8	Rừng tự nhiên	FRST	43486,860	27765,430
			158931	158931



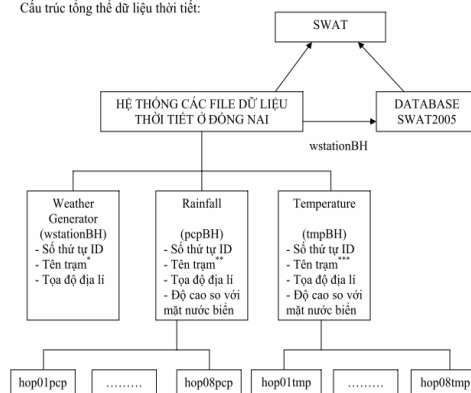
Hình 6: Bản đồ sử dụng đất lưu vực sông La Ngà năm 2002

Hình 7: Bản đồ sử dụng đất lưu vực sông La Ngà năm 2007

Dữ liệu thời tiết

Dữ liệu thời tiết bao gồm các thành phần: Trạm đo, lượng mưa, nhiệt độ không khí, độ ẩm không khí tương đối, năng lượng bức xạ mặt trời, tốc độ gió, cấu trúc tổng thể dữ liệu thời tiết được trình bày như trong Hình 8.

Cấu trúc tổng thể dữ liệu thời tiết:



Hình 8: Cấu trúc tổng thể dữ liệu thời tiết

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Chất lượng môi trường của tiểu lưu vực La Ngà trong giai đoạn 2002 – 2007

Kết quả từ mô hình SWAT được trình bày trong Bảng 2, 3, 4. Chúng tôi nhận thấy rằng tổng lượng nước trong 2 năm của lưu vực tương ứng với kịch bản 1 (2002) và kịch bản 2 (2007) là $4.00845 \cdot 10^9 \text{ m}^3$, $3.99456 \cdot 10^9 \text{ m}^3$. Lượng đất bị xói mòn trong 2 năm tương ứng với dữ liệu sử dụng đất năm 2002 và dữ liệu sử dụng đất năm 2007 là 3.606 triệu tấn, 4.364 triệu tấn. Tốc độ rửa trôi NO_3 trung bình hằng năm tương ứng của 2 kịch bản 2002 và 2007 là 26.479 kg/ha, 26.912 kg/ha.

Bảng 2: Kết quả tổng hợp của toàn bộ khu vực nghiên cứu – kịch bản 1

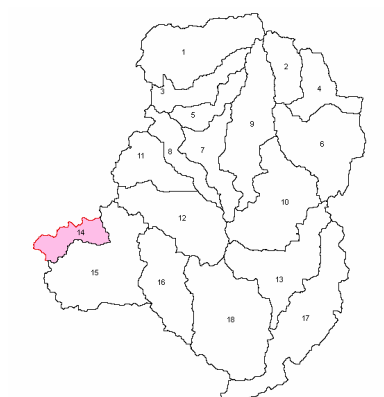
Năm	PREC	SURQ	WATER YIELD	SED YIELD	NO_3 SURQ	NO_3 LATQ	NO_3 PERC	NO_3 CROP	N ORGANIC	P ORGANIC
	mm	mm	mm	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha
2002	2096.30	821.03	1139.05	11.20	3.79	0.18	41.03	12.96	39.43	4.82
2007	2088.87	1008.75	1383.08	11.49	4.31	0.14	27.83	12.58	24.85	3.04

Bảng 3: Kết quả tổng hợp của toàn bộ khu vực nghiên cứu – kịch bản 2

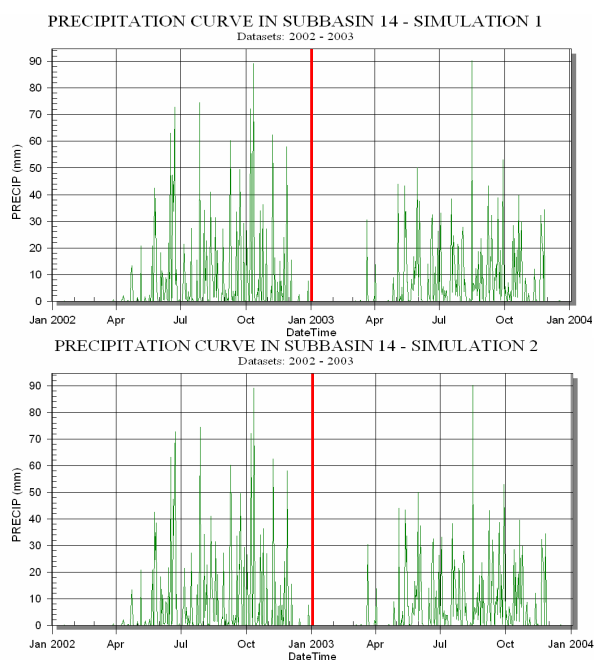
Năm	PREC	SURQ	WATER YIELD	SED YIELD	NO_3 SURQ	NO_3 LATQ	NO_3 PERC	NO_3 CROP	N ORGANIC	P ORGANIC
	mm	mm	mm	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha
2002	2096.30	788.69	1132.95	13.05	3.49	0.25	42.63	10.82	41.17	5.04
2007	2088.87	976.75	1380.44	14.41	4.04	0.17	24.12	9.98	25.79	3.16

Bảng 4: Trung bình hằng năm của toàn khu vực

STT	Thông số	Đơn vị	Kết quả	
			Scenario 1 (2002)	Scenario 2 (2007)
1	Precip	mm	2096.30	2088.87
2	Surface runoff Q	mm	882.72	914.89
3	Groundwater	mm	350.04	330.64
4	Total water YLD	mm	1256.69	1261.07
5	Toatal sediment loading	Ton/ha	11.343	13.726
6	INITIAL NO_3 IN SOIL	Kg/ha	46.029	46.027

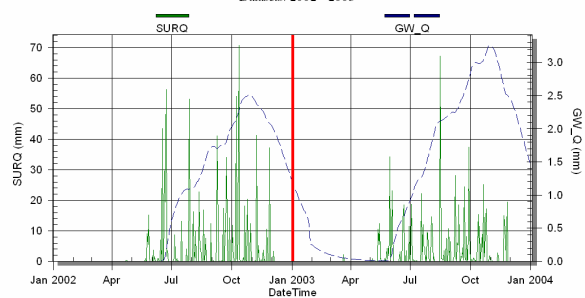


Hình 9: Tiểu lưu vực 14

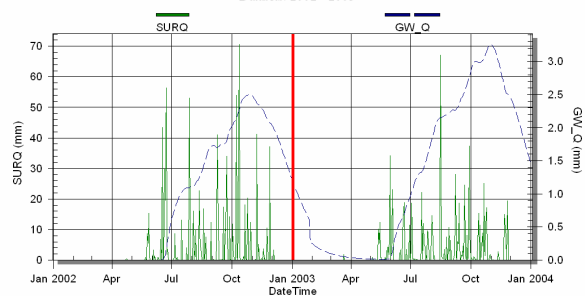


Hình 10: Đồ thị lượng mưa ở tiểu lưu vực 14

SURFACE WATER AND GROUND WATER IN SUBBASIN 14 - SIMULATION 1
 Datasets: 2002 - 2003

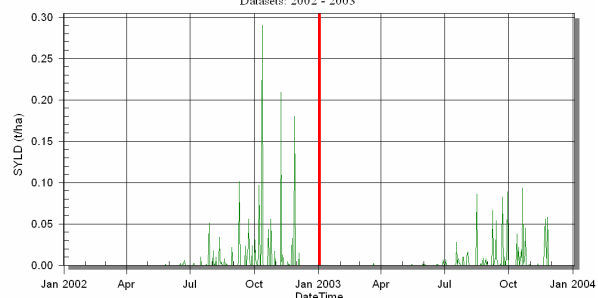


SURFACE WATER AND GROUND WATER IN SUBBASIN 14 - SIMULATION 2
 Datasets: 2002 - 2003

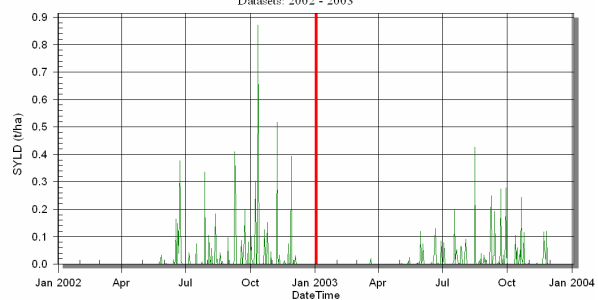


Hình 11: Đồ thị lượng nước mặt và nước ngầm ở tiểu lưu vực 14

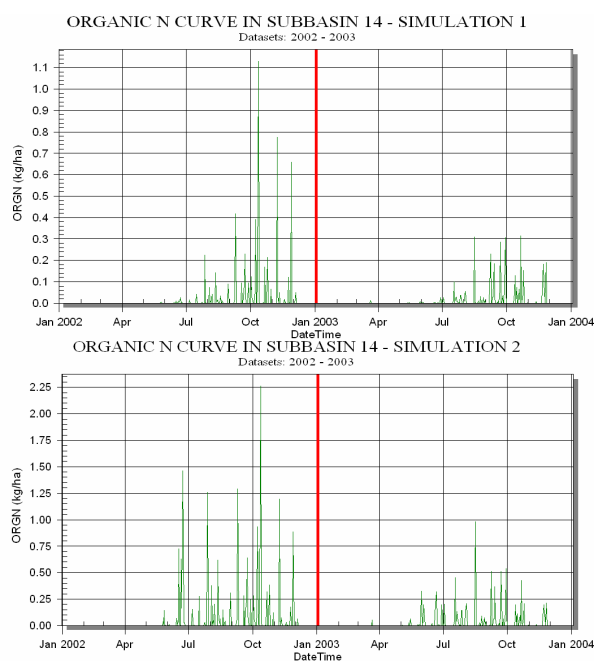
SEDIMENT YIELD (ton/ha) CURVE IN SUBBASIN 14 - SIMULATION 1
 Datasets: 2002 - 2003



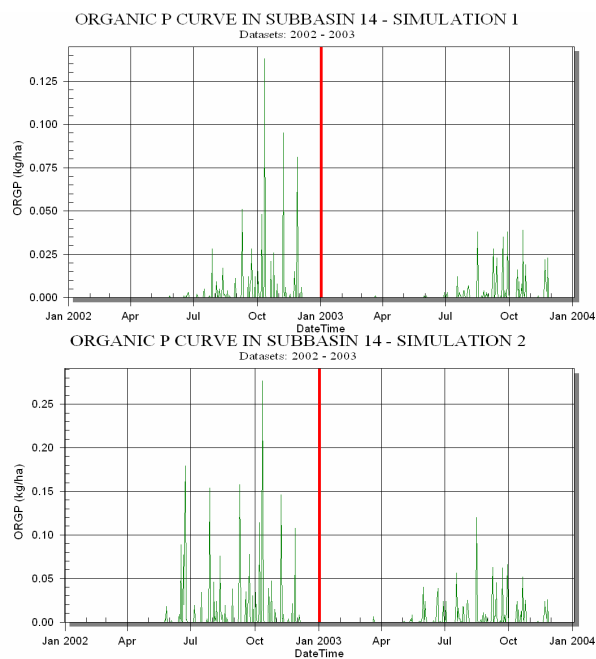
SEDIMENT YIELD CURVE IN SUBBASIN 14 - SIMULATION 2
 Datasets: 2002 - 2003



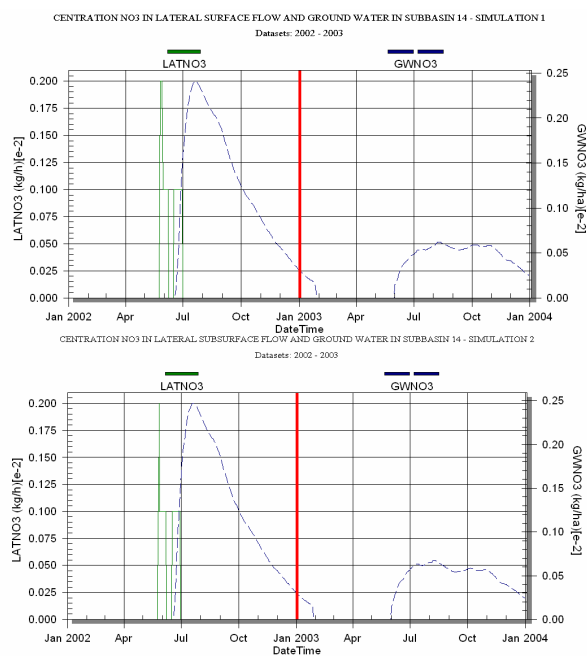
Hình 12: Đồ thị lượng xói mòn ở tiểu lưu vực 14



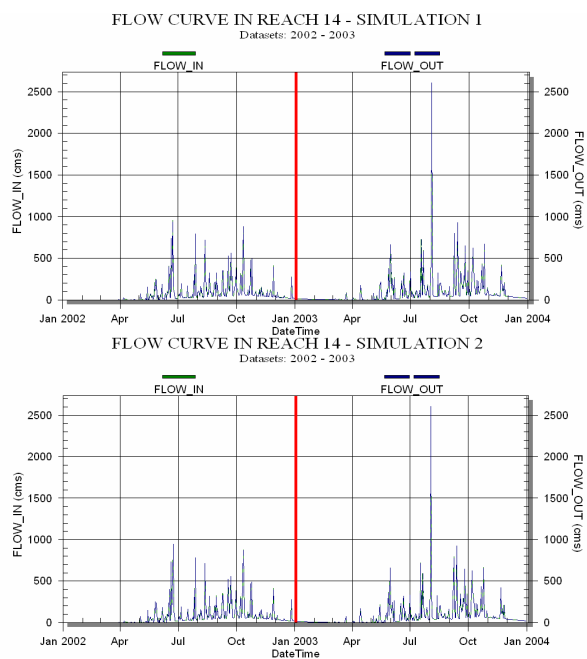
Hình 13: Đồ thị lượng N hữu cơ ở tiểu lưu vực 14



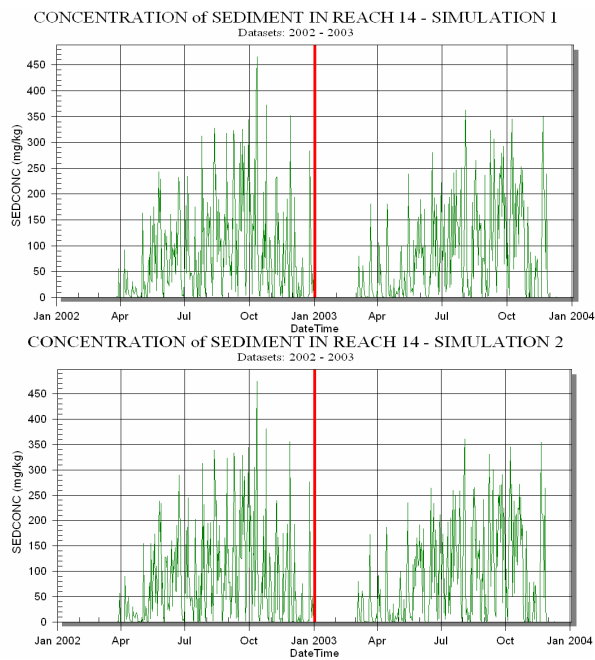
Hình 14: Đồ thị lượng P hữu cơ ở tiểu lưu vực 14



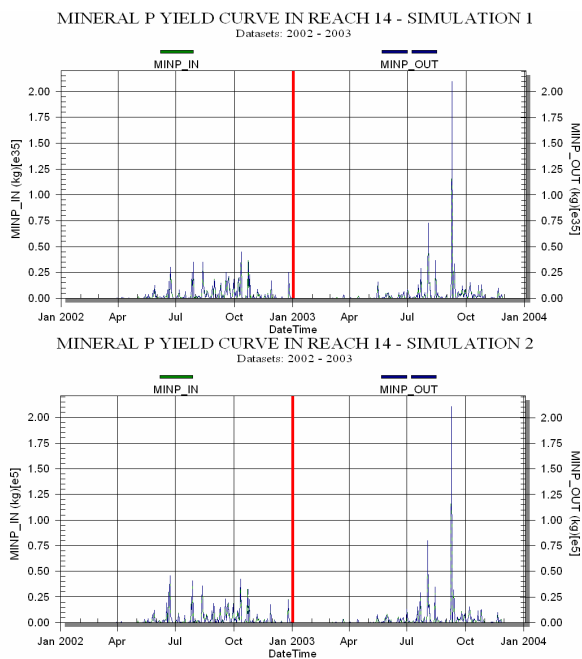
Hình 15: Đồ thị hàm lượng NO₃ trong nước dưới bề mặt và nước ngầm ở tiểu lưu vực 14



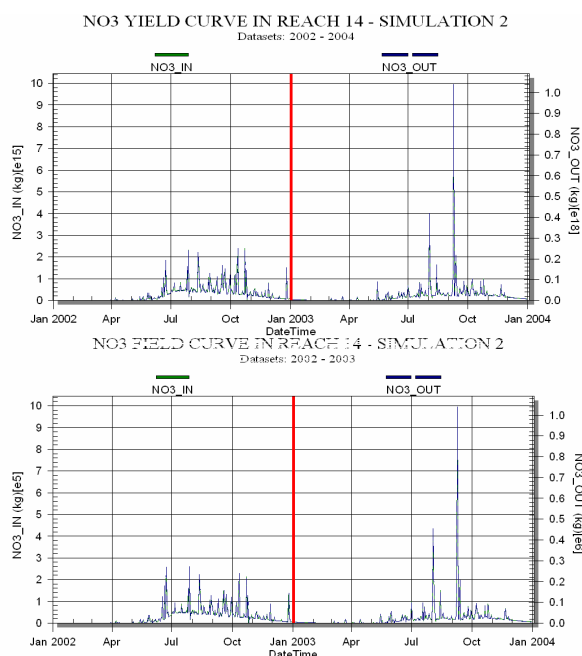
Hình 16: Đồ thị lưu lượng dòng vào/ ra đoạn sông 14



Hình 17: Đồ thị hàm lượng phù sa trong đoạn sông 14



Hình 18: Đồ thị lượng P vô cơ trong đoạn sông 14



Hình 19: Đồ thị lượng NO_3 trong đoạn sông 14

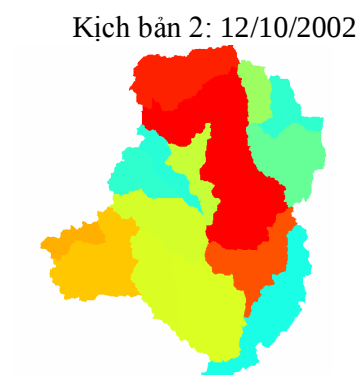
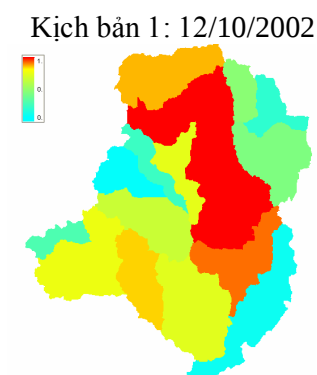
Trong lưu vực sông La Ngà có hai mùa rõ rệt: mùa mưa và mùa khô. Nhìn chung mùa mưa thường kéo dài từ hạ tuần tháng tư – thượng tuần tháng năm đến thượng - trung tuần tháng mười một. Hình 12 cho thấy mùa mưa nơi tập trung nhiều từ tháng sáu đến hết tháng mười, đỉnh điểm thường vào tháng 10. Lượng mưa là một trong những yếu tố quyết định đến chế độ thủy văn của lưu vực. Khí hậu lưu vực có hai mùa chính (mùa mưa và mùa khô) nên chế độ dòng chảy ở lưu vực cũng hình thành hai chế độ tương ứng: chế độ dòng chảy mùa mưa và chế độ dòng chảy mùa kiệt. Sự biến đổi dòng chảy hai mùa rất tương phản nhau.

Hàm lượng NO_3 - N trong nước sông phụ thuộc rất nhiều vào lượng mưa và tốc độ dòng chảy tràn bề mặt. NO_3 - N trong nghiên cứu chủ yếu xuất phát từ lượng phân bón hóa học mà cây trồng chưa sử dụng hết, nó bị rửa trôi và được đưa về sông chính, NO_3 cũng có thể phát sinh từ sinh khối của thực vật thông qua quá trình phân hủy. NO_3 gây ra những tác hại không tốt đến sức khỏe của con người. Tuy nhiên, nếu so sánh kết quả nồng độ NO_3 - N được tính bằng mô hình với tiêu chuẩn TCVN 5942 – 1995: Giá trị giới hạn cho phép của các thông số và nồng độ các chất ô nhiễm trong nước mặt - Nồng độ NO_3 - N: loại A (10 mg/l), loại B (15 mg/l), thì vẫn đạt được tiêu chuẩn.

Hàm lượng đất bồi lắng phụ thuộc vào lượng mưa và lưu lượng dòng chảy, sự biến đổi của hai đồ thị lưu lượng dòng chảy và hàm lượng bồi lắng tại cùng thời điểm tuân theo qui luật tương tự nhau. Lượng đất xói mòn/ bồi lắng ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng nước và đất. Hàm lượng bồi lắng càng lớn tương ứng với lượng đất xói mòn càng cao và chất lượng nước càng thấp. Khi bị mất lớp bề mặt, đất trở nên cằn cỗi thiếu dinh dưỡng để canh tác, dẫn tới chi phí sản xuất tăng cao để có thể canh tác mà năng suất không cao.

Về mặt môi trường, kịch bản 2 không tốt bằng kịch bản 1. Trữ lượng nước giảm, lượng xói mòn tăng, tốc độ rửa trôi tăng... Do kịch bản 2, diện tích rừng tự nhiên giảm thay vào đó là trồng cao su, diện tích đô thị tăng. Khả năng che phủ của cây cao su thấp hơn rừng tự nhiên. Đặc điểm canh tác cây cao su là trồng theo dãy và được làm cỏ sạch ở bề mặt đất.

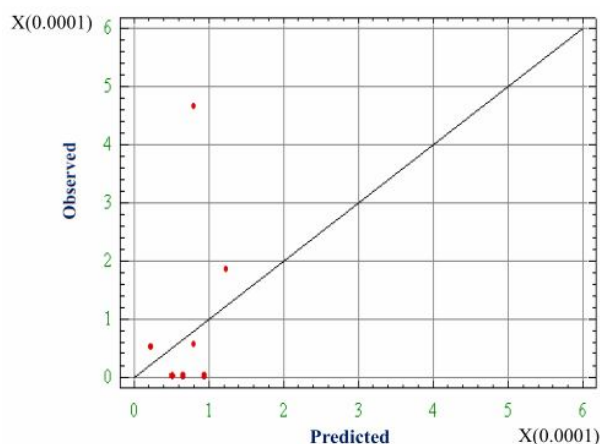
Trong đỉnh mùa mưa, vùng có khả năng xói mòn cao nhất là:



Đánh giá mô hình

Phân tích độ tin cậy của mô hình đối với (P)

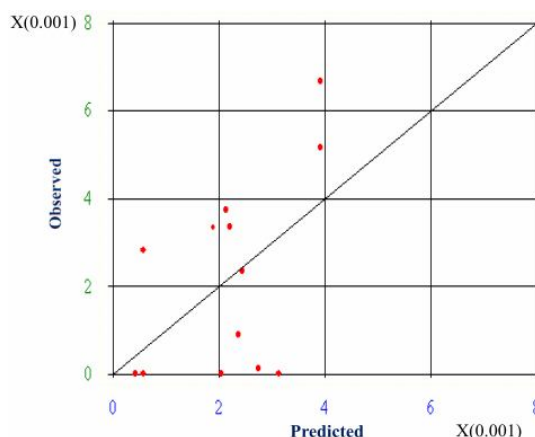
R_squared = 8.47404%
 Standard error Est = 0.000137787
 Mean absolute error = 0.0000848831
 Durbin - Watson statistic = 2.47003
 P(est) = 0.000180583
 - 0.00143244*obs



Hình 20: Đồ thị xác định độ tin cậy của mô hình đối với (P)

Phân tích độ tin cậy của mô hình đối với (NO₃)

R_squared = 26.3259%
 Standard error Est = 0.00199912
 Mean absolute error = 0.00160494
 Durbin - Watson statistic = 1.08319
 NO₃ (est) = -0.000273 + 0.007765 *obs



Hình 21: Đồ thị xác định độ tin cậy của mô hình đối với (NO₃)

Chúng tôi nhận thấy rằng, độ tin cậy của mô hình không cao là do các nguyên nhân sau: Mô hình SWAT mô phỏng chi tiết cho từng loại cây trồng, loại hình sử dụng đất, nhưng mức độ chi tiết của bản đồ hiện trạng sử dụng đất mà đề tài sử dụng chưa cao. Do điều kiện không cho phép nên nghiên cứu này chỉ xem xét đến ô nhiễm phân tán mà bỏ qua ô nhiễm tập

trung (ô nhiễm điểm). Điều này đã gây ra sai số khá lớn. Trong những nghiên cứu tiếp theo sẽ kết hợp ô nhiễm điểm hy vọng sẽ cải thiện được sai số của mô hình. Hơn nữa, do điều kiện kinh phí có hạn, nghiên cứu không thể tiến hành thu thập mẫu và tiến hành thí nghiệm để xác định các thông số của đất, việc sử dụng bảng tra gây ra sai số khá lớn. Mô hình SWAT là mô hình tích hợp, sử dụng và kế thừa nhiều mô hình trước đó. Mô hình SWAT có thể mô phỏng và xem xét tổng hợp các mối quan hệ của các quá trình diễn ra trong tự nhiên, để giải quyết bài toán môi trường, SWAT đòi hỏi số lượng dữ liệu đầu vào rất lớn. Đây cũng là điều kiện để nâng cao độ chính xác cho mô hình. Tuy nhiên, đặc thù ở Việt Nam, cơ sở dữ liệu nền còn rất thiếu, lại rải rác đã gây ra khó khăn trong quá trình thực hiện nghiên cứu. Trong quá trình sử dụng Mô hình SWAT đã nảy sinh một số vấn đề chưa tương thích với điều kiện ở Việt Nam.

KẾT LUẬN

Mô hình SWAT là mô hình tích hợp, có thể mô phỏng các quá trình diễn ra trong môi trường đất và nước. SWAT xem xét nhiều mối quan hệ, nhiều biến khi giải quyết bài toán môi trường. Điều này giúp người sử dụng có thể đánh giá chất lượng nước và đất trong thời gian dài trên khu vực rộng lớn và phức tạp. Đặc biệt, SWAT có thể mô phỏng sự lan truyền ô nhiễm điểm và ô nhiễm phân tán trong đất và nước. Mô hình SWAT là công cụ hỗ trợ đắc lực cho người ra quyết định để thực hiện bài toán quy hoạch, giúp dự báo những ảnh hưởng về mặt môi trường khi thay đổi quy hoạch sử dụng đất.

Tuy nhiên, SWAT là một mô hình còn khá mới nên cơ sở dữ liệu sẵn có của chương trình vẫn chưa đáp ứng cho nhu cầu ứng dụng thực tiễn vào từng khu vực và từng nước cụ thể. Một vấn đề gặp phải khi sử dụng SWAT là mô hình đòi hỏi cần hệ thống dữ liệu đầu vào rất lớn, điều này gây khó khăn cho việc nghiên cứu SWAT ở Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Ann, V. G 2005. Sensitivity, auto-calibration, uncertainty and model evaluation in SWAT2005.
- Arnold, J. nnk, 2008. Soil and Water Assessment Tool (SWAT) Global Applications.
- Bulut, E. 2005. Assessment of management policies for lake Uluabat Basin using AVSWAT. The degree of master of science in environmental engineering – Middle East Technical University.
- Loi, N.K., Reyes, M., Srinivasan, R., Ha, D.T., Nhat. T.T., and Trang, N.H. 2009. Assessing the Impacts of Vegetable Agroforestry System using SWAT: Nghia Trung Sub-watershed, Vietnam. Paper presented in the 5th International SWAT Conference in Boulder, Colorado on 3-7 August,2009.
- Neitsch, S.L. 2005. Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation version 2005. Grassland, Soil and Water research laboratory (Agricultural Research Service) Texas; Blackland research center (Texas Agricultural Experiment Station)
- Neitsch, S.L. 2004. Input/ Output file documentation version 2005
- Nguyễn Kim Lợi, 2006. Ứng dụng GIS trong quản lý tài nguyên thiên nhiên. NXB Nông nghiệp.
- Nguyễn Kim Lợi, Trần Thống Nhất. 2007. Hệ thống thông tin địa lý phần mềm Arcview 3.3. NXB Nông nghiệp
- Trần Kông Tấn, 2005. Tài nguyên đất. NXB Đại học Quốc gia Hà Nội.
- Srinivasan. R. 2005. ArcSWAT, ArcGIS Interface for Soil and Water Assessment Tool
- Winchell, M. 2007. ArcSWAT Interface for SWAT 2005 (User's Guide)