

การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่า
และตะกอนแขวนลอยในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองวังเจ้า จังหวัดกำแพงเพชร

Application of Mathematical Model for the Investigation of Land Use on Streamflow and
Suspended Sediment in Khlong Wang Chao Watershed Kamphaeng Phet Province

นฤมล นิตูthon,¹ หงส์เหม ชากอร์ณ,¹ บรรจงศักดิ์ พิภพสมบุญ,¹ นเรศ ขำเจริญ,¹

นพรัตน์ ไชยวิโน,¹ วิไลลักษณ์ สอนมะลิ¹ และ ขวัญฤทัย ทองบุญฤทธิ¹

Naruemon Nituthon,¹ Hongham Chakorn,¹ Banchongsak Faksomboon,¹ Nares Khamcharoen,¹

Nopparut Chaivino,¹ Wilailak Suanmali¹ and Khwanruethai Thongboonrith¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณตะกอนแขวนลอยในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองวังเจ้า จังหวัดกำแพงเพชร โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางอุทกวิทยา (Soil and Water Assessment Tool; SWAT) ในการประเมินปริมาณตะกอนแขวนลอยในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2560 ถึงพฤษภาคม พ.ศ.2560 และสอบเทียบความถูกต้องของแบบจำลองจากข้อมูลการตรวจวัด โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) จากการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ พบว่าลุ่มน้ำคลองวังเจ้ามีขนาดพื้นที่เท่ากับ 273.74 ตารางกิโลเมตร ปริมาณน้ำท่ารวมเท่ากับ 28.07 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งเดือนพฤษภาคมมีปริมาณน้ำท่าสูงสุดเท่ากับ 15.74 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือนและต่ำสุดในเดือนมีนาคมเท่ากับ 1.53 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ส่วนปริมาณตะกอนแขวนลอยรวมเท่ากับ 32.819 ตัน ซึ่งเดือนพฤษภาคมมีปริมาณตะกอนแขวนลอยสูงสุดเท่ากับ 18.641 ตันต่อเดือน และต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์เท่ากับ 2.457 ตันต่อเดือน

ABSTRACT

The objective of this study was to apply application of mathematical model for the investigation of land use on suspended sediment in Khlong Wang Chao Watershed (KWCV) . The Soil and Water Assessment Tool (SWAT) model was applied in order to estimate amount of the suspended sediment from February 2017 to May 2017. The reliability of the model was calibrated with the observed measurement data. The goodness of the calibration result was assessed based on the coefficient of determination (R^2). The results obtained from application of mathematical model showed that the KWCV area was 273.74 km², the total streamflow was 28.07 MCM. In May, the maximum streamflow was 15.74 MCM and minimum streamflow in March was 1.53 MCM. The total suspended sediment was 32.819 tons. In May, the maximum suspended sediment was 18.641 tons/month and minimum suspended sediment in February was 2.457 tons/month.

Keywords: Mathematical Model, Land Use, Streamflow, Suspended Sediment

* Corresponding author; e-mail address: nituthon2538@gmail.com

¹ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร 62000

¹Department of Environmental Sciences, Faculty of Science and Technology, Kamphaeng Phet Rajabhat University 62000

คำนำ

ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์ ปัจจุบันจำนวนประชากรภายในประเทศมีเพิ่มมากขึ้นและมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องจึงทำให้มีความต้องการในการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมต่างๆ มากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งทรัพยากรน้ำซึ่งเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญและจำเป็นสำหรับทุกสรรพสิ่ง ปัจจุบันมนุษย์ใช้น้ำในการดำรงชีวิตในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นทางด้านการทำการเกษตร เพาะปลูก เลี้ยงสัตว์ อุตสาหกรรม อุปโภค บริโภค รวมถึงกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ เป็นต้น การนำทรัพยากรธรรมชาติมาใช้ในการพัฒนาโดยปราศจากการจัดการที่ดี ไม่ว่าจะเป็นการใช้ที่ดินอย่างไม่เหมาะสมกับสมรรถนะของดิน การตัดไม้ทำลายป่า ฯลฯ ก่อให้เกิดปัญหาต่อระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อม ซึ่งกิจกรรมดังกล่าวต้องใช้น้ำในการอำนวยความสะดวกและส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งการบุกรุกพื้นที่ต้นน้ำ เพื่อทำการเกษตรในพื้นที่สูง สอดคล้องกับ (อรอินค์, 2551) การนำทรัพยากรธรรมชาติมาใช้ในการพัฒนาประเทศหรือเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์โดยปราศจากการบริหารจัดการที่ดีไม่ว่าจะเป็นการใช้ที่ดินอย่างไม่เหมาะสมกับสมรรถนะของดิน การตัดไม้ทำลายป่า การบุกรุกพื้นที่ต้นน้ำ การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ฯลฯ นับวันจะเพิ่มปริมาณสูงขึ้นตามจำนวนของประชากรที่เพิ่มขึ้น ลุ่มน้ำคลองวังเจ้า จังหวัดกำแพงเพชรเป็นหนึ่งในลุ่มน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงจากเดิมที่ยังคงสภาพของระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อมที่ดี ปัจจุบันมีชุมชนเข้ามาอาศัยและเกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน มีการใช้ประโยชน์ที่ดินผิดประเภทการทำเกษตรกรรมในพื้นที่สูง การบุกรุกพื้นที่ต้นน้ำ ซึ่งส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำท่า ปริมาณตะกอน สิ่งมีชีวิต ระบบนิเวศ และสิ่งแวดล้อม โดยในการศึกษาได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองอุทกวิทยาดินและน้ำ (Soil and Water Assessment Tool; SWAT) ซึ่งแบบจำลองสามารถใช้ในการทำนายผลกระทบของการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อทรัพยากรน้ำได้หลากหลาย เช่น ปริมาณน้ำท่า ปริมาณตะกอน แหวนคุณภาพน้ำ สารเคมีที่เกิดขึ้นจากเกษตรกรรมหรือชุมชนที่อยู่อาศัย ระบบชลประทาน เป็นต้น รวมถึงแนวทางการจัดการพื้นที่ลุ่มน้ำได้ (Neitsch *et al.*, 2011) สอดคล้องกับ ปิยวัฒน์ (2556) กล่าวว่า แบบจำลอง SWAT ใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการประเมินปริมาณน้ำท่าและปริมาณตะกอนภายในพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดใหญ่โดยสามารถคำนวณเป็นรายวันต่อเนื่องตามระยะเวลาที่ยาวนานได้

ผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาลักษณะทางกายภาพและประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ส่งผลต่อปริมาณตะกอนแขวนลอยของพื้นที่ลุ่มน้ำคลองวังเจ้า พร้อมทั้งนำผลที่ได้จากการศึกษาใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินรวมถึงป้องกันไม่ให้เกิดทรัพยากรธรรมชาติเกิดความเสื่อมโทรมลงจนเป็นปัญหาต่อสิ่งมีชีวิต ระบบนิเวศ และสิ่งแวดล้อม เพื่อให้เกิดความเหมาะสมอย่างเป็นระบบและเกิดความยั่งยืน

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

อุปกรณ์หลักที่ใช้สำหรับการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ประกอบด้วย เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal computer) โดยติดตั้งระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows 7 แบบจำลองประเมินอุทกวิทยา (Soil and Water Assessment Tool; SWAT) โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System; GIS)

โปรแกรม Microsoft Office 2013 โปรแกรม Edit plus text editor ข้อมูลชุดดิน ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลปริมาณตะกอนแขวนลอย กล้องถ่ายภาพดิจิทัล (Digital camera)

วิธีการ

การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่าและตะกอนแขวนลอยในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองวังเจ้า จังหวัดกำแพงเพชร มีวิธีการและขั้นตอนการดำเนินงานของการศึกษาที่สำคัญดังนี้

1 การรวบรวมข้อมูล

การรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา (Table 1) ประกอบด้วยข้อมูลเส้นชั้นความสูงเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model; DEM) ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินภายในพื้นที่อุทยานแห่งชาติคลองวังเจ้า จังหวัดกำแพงเพชรนำมาวิเคราะห์และจัดรวมกลุ่มประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีความเหมือนและคล้ายคลึงกันให้อยู่ในกลุ่มหรือชนิดเดียวกัน ข้อมูลชุดดินและการกระจายตัวของดินชุดต่างๆ ของกรมพัฒนาที่ดิน (2545) ข้อมูลปริมาณตะกอนแขวนลอยที่ได้จากการลงพื้นที่ตรวจวัดจริงในพื้นที่อุทยานแห่งชาติคลองวังเจ้า จังหวัดกำแพงเพชร (ข้อมูลรายเดือน) ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาประกอบด้วย ข้อมูลปริมาณฝน ข้อมูลอุณหภูมิอากาศ (ต่ำสุด – สูงสุด) จากกรมอุตุนิยมวิทยา จังหวัดกำแพงเพชร ซึ่งแบบจำลอง SWAT จะมีการทำงานร่วมกับโปรแกรม GIS ในการจำลองลักษณะทางอุทกวิทยาและการประเมินผลกระทบของกิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ส่งผลปริมาณตะกอนแขวนลอยที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองวังเจ้า จังหวัดกำแพงเพชร

Table 1 Relevant data to evaluate the suspended sediment by using SWAT model

Order	Data type	Data format	Source
1	Land use data	Gis file	Land Development Department
2	Soil data	Gis file	Land Development Department
3	Digital elevation model	Gis file	Royal Thai Survey Department
4	Meteorology	Gis file	Thai Meteorological Department
5	Streamflow data	Excel file	Measurement data
6	Suspended sediment data	Excel file	Measurement data

2 การวิเคราะห์และประเมินผลข้อมูล

การวิเคราะห์และประเมินผลข้อมูลในการศึกษานี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ ได้แก่ 1) การวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าและตะกอนแขวนลอยที่ได้จากการตรวจวัดจากการลงพื้นที่จริง เพื่อใช้ในการเป็นฐานข้อมูลการเปรียบเทียบ/ทดสอบข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง SWAT และ 2) การประเมินผลปริมาณน้ำท่าและตะกอนแขวนลอยด้วยแบบจำลอง SWAT (Figure 1) โดยมีรายละเอียดและขั้นตอนการศึกษาดังนี้

2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่ได้จากการตรวจวัดจากการลงพื้นที่จริง โดยตรวจวัดความเร็วของกระแสน้ำและพื้นที่หน้าตัดของลำน้ำเพื่อใช้ในการคำนวณหาปริมาณน้ำท่าบริเวณจุดออกน้ำ (Outlet) ของลุ่มน้ำคลองวังเจ้า จำนวน 1 จุดในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงพฤษภาคม ปี พ.ศ.2560 ผลที่ได้ใช้เป็น

ฐานข้อมูลในการเปรียบเทียบ/ทดสอบข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง SWAT ให้มีความใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการตรวจวัดมากที่สุดก่อนนำแบบจำลองที่ได้ไปประยุกต์ใช้

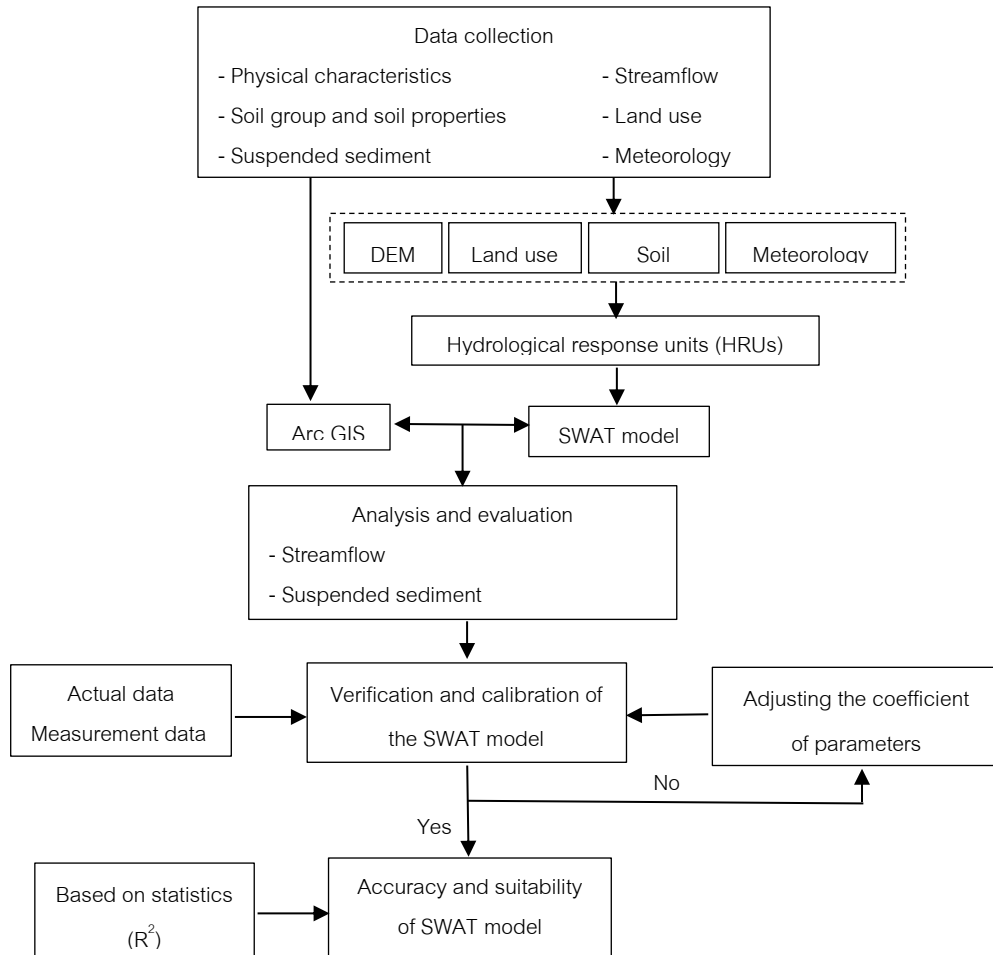


Figure 1. Work procedure flowchart

2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณตะกอนแขวนลอยรายเดือนที่ได้จากการตรวจวัดของการลงพื้นที่จริง โดยการเก็บตัวอย่างปริมาณตะกอนแขวนลอยใส่ขวดเก็บตัวอย่างบริเวณจุดออกน้ำ (Outlet) ของลุ่มน้ำคลองวังเจ้า จำนวน 1 จุดในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงพฤษภาคม ปี พ.ศ.2560 และนำกลับมาวิเคราะห์หาปริมาณตะกอนในห้องปฏิบัติการ ผลที่ได้ใช้เป็นฐานข้อมูลในการเปรียบเทียบ/ทดสอบข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง SWAT ให้มีความใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการตรวจวัดมากที่สุดก่อนนำแบบจำลองที่ได้ไปประยุกต์ใช้

2.3 การประเมินผลปริมาณน้ำท่าและตะกอนแขวนลอยด้วยแบบจำลอง SWAT ประกอบด้วยการนำเข้าข้อมูล 2 ลักษณะ ได้แก่ 1) การนำเข้าข้อมูลทางด้านกายภาพเชิงพื้นที่ และ 2) การนำเข้าข้อมูลในรูปแบบของตารางข้อมูล โดยมีขั้นตอนและรายละเอียดในการวิเคราะห์ดังนี้

- 1) การกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษา

การกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษาเริ่มจากการนำเข้าข้อมูล DEM ซึ่งถูกแปลงให้เป็นข้อมูลในรูปแบบของราสเตอร์หรือเป็นข้อมูลในรูปแบบของกริดเซลล์รูปเหลี่ยม โดยข้อมูล DEM จะใช้ในการประเมินสภาพทางกายภาพโดยทั่วไปของพื้นที่ศึกษาได้หลายประเภท เช่น การสร้างเส้นทิศทางการไหลของน้ำ การสร้างระดับความลาดชันของพื้นที่ การสร้างผลรวมของการไหลสะสมของน้ำ การสร้างระบบโครงข่ายลำน้ำภายในพื้นที่ลุ่มน้ำ การสร้างขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำหรือพื้นที่ศึกษา จุดออกของน้ำ (Outlet) เป็นต้น

2) การกำหนดลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

รวมประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่มีลักษณะใกล้เคียงหรือคล้ายคลึงกันจัดให้อยู่ในกลุ่มหรือประเภทเดียวกัน พร้อมทั้งกำหนดรหัสตัวอักษรหลัก 4 ตัว (A - Z) ให้กับกลุ่มหรือประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินนั้นๆ โดยพิจารณาจากฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินหลักของแบบจำลอง SWAT เพื่อให้ข้อมูลดังกล่าวมีการเชื่อมโยงตรงกันระหว่างข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษาและข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของข้อมูลพื้นฐานของแบบจำลอง SWAT (บรรจงศักดิ์ และนิพนธ์, 2560)

3) การกำหนดลักษณะของกลุ่มชุดดิน

การกำหนดลักษณะของกลุ่มชุดดิน โดยการนำเข้าข้อมูลแผนที่ลักษณะของกลุ่มชุดดินเข้าสู่แบบจำลอง SWAT พร้อมทั้งสร้างตารางเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลดินของพื้นที่ศึกษาและข้อมูลดินของแบบจำลองให้ตรงกัน เพื่อนำเข้าสู่ฐานข้อมูลการประเมินของแบบจำลอง SWAT ในลักษณะเดียวกันกับการกำหนดลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

4) การกำหนดหน่วยการตอบสนองทางอุทกวิทยา

การกำหนดหน่วยการตอบสนองทางอุทกวิทยา (Hydrological Response Units; HRUs) เป็นการกำหนดความละเอียดของหน่วยพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยให้พื้นที่ลุ่มน้ำมีลักษณะ HRUs ที่หลากหลาย เช่น ตามลักษณะประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ลักษณะของกลุ่มชุดดิน ความลาดชันของพื้นที่จริงให้มากที่สุด เป็นต้น ซึ่งการกำหนด HRUs มีผลต่อผลที่ได้จากการประเมินของแบบจำลอง SWAT สูง (บรรจงศักดิ์ และนิพนธ์, 2560)

5) การนำเข้าข้อมูลสภาพภูมิอากาศ

ข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่นำเข้าทั้งหมดในแบบจำลองเป็นข้อมูลรายวัน (สูงสุด - ต่ำสุด) โดยจะต้องจัดทำข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของตารางลำดับเรียงกันอย่างถูกต้องตามที่แบบจำลอง SWAT ต้องการและก่อนการนำเข้าข้อมูลจะต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลสภาพภูมิอากาศต่างๆ เช่น ข้อมูลมีการขาดหาย ข้อมูลที่มีค่าโดด ข้อมูลที่ผิดปกติ เป็นต้น เพื่อให้ข้อมูลที่มีความถูกต้องมากที่สุด

3 การสอบเทียบและปรับเทียบแบบจำลอง SWAT

การสอบเทียบและการปรับเทียบแบบจำลองเป็นกระบวนการที่ทำให้แบบจำลองให้ผลลัพธ์ที่มีความสอดคล้องต่อสภาพธรรมชาติหรือลักษณะของพื้นที่ลุ่มน้ำที่เป็นอยู่จริงในพื้นที่ให้มากที่สุด ซึ่ง นิพนธ์ (2545) กล่าวว่า การสอบเทียบหรือการปรับเทียบ คือ การทดสอบแบบจำลองที่สร้างขึ้นด้วยข้อมูลสารสนเทศที่มีการตรวจวัดไว้แล้วทั้งส่วนที่เป็นข้อมูลสารสนเทศนำเข้าและข้อมูลสารสนเทศที่เป็นผลลัพธ์ เพื่อเป็นการปรับประมาณค่าปัจจัยในกรณีที่ยังไม่มีข้อมูลปรากฏ โดยการศึกษาค้นคว้าได้เลือกใช้โปรแกรม SWAT CUP เป็นวิธีการในการปรับเทียบผลของข้อมูลปริมาณน้ำท่าและตะกอนแขวนลอยที่ได้จากการประเมินด้วยแบบจำลอง SWAT

ซึ่งจุดเด่นของโปรแกรม SWAT CUP ที่แตกต่างจากการเปรียบเทียบวิธีอื่นๆ โดยจะเป็นการปรับเทียบข้อมูลแบบอัตโนมัติเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ที่เหมาะสมของพารามิเตอร์นั้นๆ (Arnold *et al.*, 1998; Abbaspour *et al.*, 2004; Yang *et al.*, 2008; Oeurng *et al.*, 2011; Pinglot, 2012; Banchongsak *et al.*, 2017) และเมื่อได้ค่าสัมประสิทธิ์ที่มีความถูกต้องเหมาะสมแล้วจะนำไปใช้แทนค่าสัมประสิทธิ์ของพารามิเตอร์ในแบบจำลอง SWAT อีกครั้ง เพื่อให้ปริมาณตะกอนแขวนลอยที่เกิดขึ้นจากแบบจำลอง SWAT มีค่าเข้าใกล้หรือใกล้เคียงกับค่าที่ตรวจวัดมากที่สุดจึงจะสามารถนำแบบจำลองไปประยุกต์ใช้

4 เกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกแบบจำลอง

เกณฑ์ในการพิจารณาการปรับเทียบความถูกต้องและเหมาะสมของปริมาณน้ำท่าและตะกอนแขวนลอยที่ได้จากการประเมินด้วยแบบจำลอง SWAT กับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดภายในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองวังเจ้า จังหวัดกำแพงเพชร ของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวิธีการที่นำมาใช้ในการพิจารณา ได้แก่ การใช้รูปแบบของกราฟในการปรับเทียบและค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจ (Coefficient of Determination; R^2)

5 การประเมินปริมาณน้ำท่าและตะกอนแขวนลอย

การประเมินปริมาณน้ำท่าและตะกอนแขวนลอยประกอบด้วย ปริมาณตะกอนแขวนลอยที่เกิดขึ้นรายเดือนภายในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองวังเจ้า จังหวัดกำแพงเพชร ซึ่งช่วงเวลาที่ใช้ในการประเมินปริมาณน้ำท่าและตะกอนแขวนลอยของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ คือ ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงพฤษภาคม ปี พ.ศ.2560

ผลและวิจารณ์การทดลอง

ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำคลองวังเจ้า

การศึกษาค้นคว้านี้ได้ใช้ข้อมูล DEM ที่มีขนาดความละเอียดเท่ากับ 30 x 30 เมตร พบว่า พื้นที่ลุ่มน้ำคลองวังเจ้ามีขนาดพื้นที่เท่ากับ 237.74 ตารางกิโลเมตร โดยลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำมีลักษณะภูมิประเทศเป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง มีความลาดชันของเส้นลำน้ำ เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ลุ่มน้ำชั้น 1 และเป็นพื้นที่อุทยานแห่งชาติ ซึ่งลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ลุ่มน้ำแบบนี้ส่งผลต่อการไหลของน้ำและปริมาณตะกอนในลำน้ำที่ไหลลงสู่พื้นที่ตอนล่างค่อนข้างเร็ว โดยแบ่งลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 7 ประเภท ได้แก่ 1) การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่ข้าวโพด (CORN) 2) พื้นที่ชุมชน (URBN) 3) พื้นที่นาข้าว (PDDY) 4) พื้นที่ป่าผลัดใบ (FRSD) 5) พื้นที่ป่าไม่ผลัดใบ (FRSE) 6) พื้นที่สวนผสม (ORCD) และ 7) พื้นที่แหล่งน้ำ (WATR) คิดเป็นร้อยละ 3.97, 0.07, 0.12, 40.64, 53.35, 1.81 และ 0.04 ของพื้นที่ทั้งหมด ตามลำดับ แบ่งกลุ่มชุดดินแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มชุดดินได้แก่ ชุดดินที่ 48, 59, 60 และ 62 คิดเป็นร้อยละ 0.43, 0.08, 1.34 และ 98.15 ของพื้นที่ทั้งหมด ตามลำดับ และแบ่งความลาดชันออกเป็น 5 ระดับขึ้น ตามการแบ่งระดับชั้นของกรมพัฒนาที่ดิน (2545) ได้แก่ ระดับความลาดชันชั้นที่ 1 ความลาดชันร้อยละ 0 - 2 (ราบเรียบถึงค่อนข้างราบเรียบ) ระดับความลาดชันชั้นที่ 2 ความลาดชันร้อยละ 2 - 5 (ลาดชันเล็กน้อย) ระดับความลาดชันชั้นที่ 3 ความลาดชันร้อยละ 5 - 12 (ลาดชันเล็กน้อย) ระดับความลาดชันชั้นที่ 4 ความลาดชันร้อยละ 12 - 35 (ลาดชันสูงถึงสูงชันปานกลาง) และระดับความลาดชันชั้นที่ 5 ความลาดชันมากกว่าร้อยละ 35 (สูงชันถึงสูงชันมากที่สุด) คิดเป็นร้อยละ 0.26, 1.19, 5.82, 36.68 และ 56.05 ของพื้นที่ทั้งหมด ตามลำดับ

ผลการศึกษาน้อยตอบสนองทางอุทกวิทยา

การกำหนดหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยาของพื้นที่ลุ่มน้ำเป็นการกำหนดรายละเอียดของพื้นที่ลุ่มน้ำที่สามารถมีลักษณะทางอุทกวิทยาของพื้นที่ที่มีความหลากหลายตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ลักษณะของกลุ่มชุดดิน และระดับความลาดชันของพื้นที่ลุ่มน้ำ (Figure 2) โดยพื้นที่ลุ่มน้ำคลองวังเจ้าได้แบ่งลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 7 ประเภท (Figure 2 a) 4 กลุ่มชุดดิน (Figure 2 b) และ 5 ระดับความลาดชัน (Figure 2 c) ซึ่งผลจากการกำหนด HRUs ของลุ่มน้ำคลองวังเจ้าที่ได้จากการนำข้อมูลชุดดิน ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน และข้อมูลระดับความลาดชันมาวางซ้อน (Overlay) ร่วมกับการจัดเรียงประเภทรายการข้อมูล (Reclassification) ทำให้ได้หน่วยการตอบสนองทางอุทกวิทยาทั้งหมดจำนวน 10 HRUs

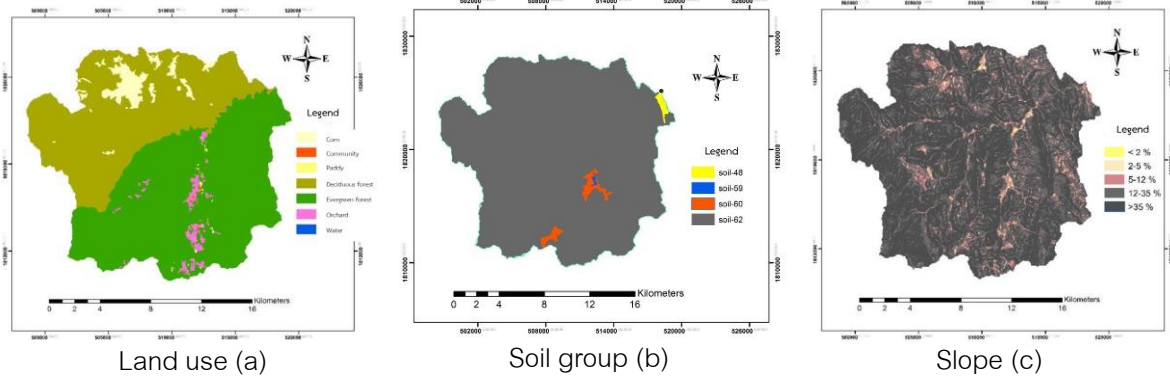
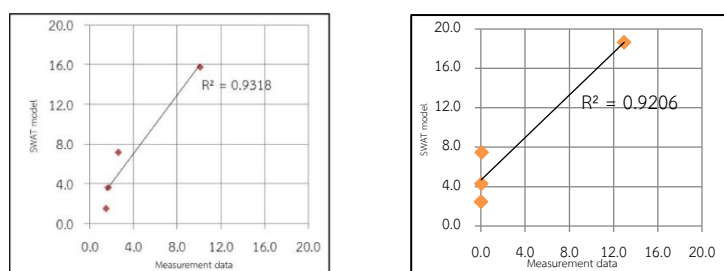


Figure 2 Hydrological Response Units of Land use (a) Soil group (b) and Slope (c) in Khlong Wang Chao Watershed, Kamphaeng Phet Province

ผลการศึกษาการปรับเทียบปริมาณน้ำท่าและตะกอนแขวนลอย

การปรับเทียบปริมาณน้ำท่าและตะกอนแขวนลอยที่ได้จากการประเมินด้วยแบบจำลอง SWAT กับค่าที่ได้จากการตรวจวัดในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2560 (Figure 3) ซึ่งได้แสดงความสัมพันธ์การกระจายตัวระหว่างปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการประเมินด้วยแบบจำลอง SWAT กับปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัด (Figure 2a) และความสัมพันธ์การกระจายตัวระหว่างปริมาณตะกอนแขวนลอยที่ได้จากการประเมินด้วยแบบจำลอง SWAT กับปริมาณตะกอนแขวนลอยที่ได้จากการตรวจวัด (Figure 2b) และข้อมูลอุตุนิยมวิทยา (Meteorological Data) ซึ่งเป็นข้อมูลการตรวจวัดเป็นแบบอัตโนมัติ (ข้อมูลรายวัน) ประกอบด้วยข้อมูลปริมาณฝนและข้อมูลอุณหภูมิอากาศ (ต่ำสุด - สูงสุด) จากสถานีตรวจสภาพภูมิอากาศจังหวัดกำแพงเพชร พบว่า ค่า R^2 ของปริมาณน้ำท่ามีค่าเท่ากับ 0.93 และ ค่า R^2 ของปริมาณตะกอนแขวนลอยมีค่าเท่ากับ 0.92 จัดอยู่ในระดับดี อ้างอิงเกณฑ์ของ นิพนธ์ (2549) ดัดแปลงจาก Donigian (2002) (Table 2)



(a) (b)

Figure 3 The relationship between SWAT model data and measurement data in Khlong Wang Chao Watershed, Kamphaeng Phet Province

Table 2 Criteria used to determine value R² derived from linear analysis

Statistical parameters	Acceptable coefficient			
R ²	← 0.75	0.80	0.90	→ 0.95
Monthly flow	Poor	Fair	Good	Very good
Monthly suspended sediment	Poor	Fair	Good	Very good

Remarks: นิพนธ์ (2549) ดัดแปลงจาก Donigian (2002)

ผลการศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำท่าและตะกอนแขวนลอย

จากการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่าและตะกอนแขวนลอย ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2560 (Figure 4) พบว่า ปริมาณน้ำท่าและตะกอนแขวนลอยมีค่าสูงสุดในเดือนพฤษภาคมเท่ากับ 15.74 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน และ 18.641 ตันต่อเดือน เนื่องจากเป็นช่วงที่เริ่มเข้าสู่ช่วงฤดูฝนแรกของปีเมื่อฝนตกลงมาทำให้มีปริมาณน้ำเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลต่อการเกิดการชะล้างพังทลายของหน้าดิน หน้าดินถูกกัดเซาะปริมาณตะกอนแขวนลอยจึงเพิ่มสูงขึ้น รวมถึงบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำคลองวังเจ้ามีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ผิดประเภท มีการทำเกษตรกรรมบริเวณตอนบนหรือพื้นที่ต้นน้ำ เช่น การทำไร่สวนผสม การปลูกข้าวโพด มันสำปะหลัง อ้อย เป็นต้น กิจกรรมดังกล่าวส่งผลกระทบต่อสิ่งปกคลุมดิน การซึมผ่านผิวดิน การชะล้างและการกัดเซาะหน้าดิน ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดปริมาณตะกอนแขวนลอยเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ บรรจงศักดิ์ และนิพนธ์ (2560) พบว่า เมื่อพื้นที่ป่าไม้ถูกเปลี่ยนเป็นพื้นที่เกษตรกรรมจะทำให้ปริมาณตะกอนแขวนลอยเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับพื้นที่ป่าที่สมบูรณ์

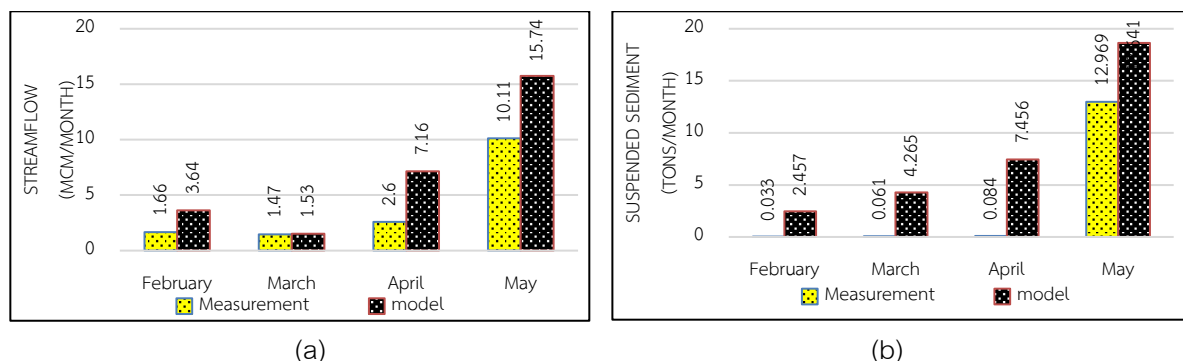


Figure 4 The result of the streamflow (a) and suspended sediment (b) in Khlong Wang Chao Watershed, Kamphaeng Phet, Province

ส่วนปริมาณน้ำท่าและตะกอนแขวนลอยมีค่าต่ำสุดในช่วงเดือนมีนาคมและกุมภาพันธ์ เท่ากับ 1.53 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน และ 2.457 ตันต่อเดือน เนื่องจากเป็นช่วงฤดูแล้งมีปริมาณรายเดือนค่อนข้างน้อย ส่งผล

ให้อัตราการไหลของน้ำและปริมาณน้ำท่ารวมถึงปริมาณตะกอนแขวนลอยในลำธารลดน้อยตามไปด้วย เนื่องจากปริมาณน้ำท่าและตะกอนแขวนลอยจะขึ้นอยู่กับปริมาณฝนเป็นหลัก อีกทั้งพื้นที่ตอนบนของกลุ่มน้ำคลองวังเจ้ามีการขยายตัวของชุมชนและพื้นที่พืชไร่เพิ่มขึ้น จึงทำให้พื้นที่ป่าไม้ที่ควรเป็นพื้นที่ต้นน้ำมีปริมาณลดลง ซึ่งส่งผลต่อการซึมน้ำผ่านผิวดินและการเก็บกักน้ำไว้ในดินได้น้อยกว่าพื้นที่ธรรมชาติเดิมหรือพื้นที่ป่าไม้ สอดคล้องกับการศึกษาของ บรรจงศักดิ์ และคณะ (2560) พบว่า เมื่อพื้นที่ป่าไม้ถูกเปลี่ยนเป็นพื้นที่เกษตรกรรม จะทำให้ปริมาณน้ำท่าและตะกอนแขวนลอยลดน้อยลงเมื่อเทียบกับพื้นที่ป่าที่สมบูรณ์ ดังนั้นจึงควรมีการอนุรักษ์ และฟื้นฟูพื้นที่ป่าไม้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณพื้นที่ต้นน้ำควรรักษาไว้ไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นการใช้ประโยชน์เกษตรกรรมหรือประเภทอื่นๆ ซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อม

สรุป

จากการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณน้ำท่าและตะกอนแขวนลอยในกลุ่มน้ำคลองวังเจ้า จังหวัดกำแพงเพชร ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงพฤษภาคม ปี พ.ศ.2560 พบว่า ระดับความแม่นยำของแบบจำลองที่ใช้ในการประเมินปริมาณน้ำท่าและตะกอนแขวนลอยอยู่ในระดับดี โดยมีค่า R^2 ของปริมาณน้ำท่าเท่ากับ 0.93 และปริมาณตะกอนแขวนลอยเท่ากับ 0.92 ซึ่งกลุ่มน้ำคลองวังเจ้ามีปริมาณน้ำท่าและตะกอนแขวนลอยรวมเท่ากับ 28.07 ล้านลูกบาศก์เมตร และ 32.819 ตัน เมื่อจำแนกปริมาณน้ำท่าและตะกอนแขวนลอยที่เกิดขึ้นออกเป็นช่วงรายเดือน พบว่า ปริมาณน้ำท่าและตะกอนแขวนลอยในช่วงเดือนพฤษภาคมมีค่าสูงสุดเท่ากับ 15.74 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือนและ 18.641 ตันต่อเดือน ส่วนปริมาณน้ำท่าที่เกิดขึ้นต่ำสุดในช่วงเดือนมีนาคมเท่ากับ 1.53 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อเดือน และปริมาณตะกอนแขวนลอยที่เกิดขึ้นต่ำสุดในช่วงเดือนกุมภาพันธ์เท่ากับ 2.457 ตันต่อเดือน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์บรรจงศักดิ์ พักสมบูรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำปรึกษา แนะนำ ชัดเจน ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ แก่ข้าพเจ้า รวมทั้งช่วยชี้แนะถ่ายทอดองค์ความรู้ อบรมสั่งสอนสิ่งที่เป็นประโยชน์ต่อการเรียน การวิจัย การวางตัวในสังคม การใช้ชีวิต และทุกๆ เรื่องที่เป็นแบบอย่างแก่ข้าพเจ้า ทำให้มีวินัย มานะอดทน มีความรับผิดชอบ และขอขอบคุณ นางสาวดาวเรือง พุ่มผึ้ง ผู้ให้กำเนิด เลี้ยงดู อบรมสั่งสอน ให้คำปรึกษา ความหวังใจ และเป็นผู้ให้การสนับสนุน รวมถึงเพื่อนๆ ทุกท่านที่ให้กำลังใจ สนับสนุนมาโดยตลอดการศึกษานี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2545. การประเมินการสูญเสียดินสากลในประเทศไทย. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- นิพนธ์ ตั้งธรรม. 2545. แบบจำลองคณิตศาสตร์การชะล้างพังทลายของดินและมลพิษตะกอนในพื้นที่ลุ่มน้ำ. ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- _____. 2549. การจำลองแบบการจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อม. ศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- บรรจงศักดิ์ พักสมบุญ และนิพนธ์ ตั้งธรรม. 2560. การประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณตะกอนแขวนลอย ในลุ่มน้ำท่าจีนตอนบน. วารสารวิทยาศาสตร์ มศว ปีที่ 33 (ฉบับที่ 2), ธันวาคม พ.ศ.2560.
- _____, สุรัตน์ บัวเลิศ, นฤชิต ดำปิ่น และนิพนธ์ ตั้งธรรม. 2560. การจำลองแบบพลวัตเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำท่าจีนตอนบน. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 22 (ฉบับที่ 2), พฤษภาคม-สิงหาคม พ.ศ.2560
- ปิยวัฒน์ วุฒิชัยกิจเจริญ. 2556. การทำนายปริมาณตะกอนในลุ่มน้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินโดยโปรแกรม SWAT. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาภาคพายัพเชียงใหม่. [ออนไลน์]. <http://repository.rmutl.ac.th/bitstream/handle/>. สืบค้นวันที่ (2560, มกราคม, 26).
- อรอินทร์ เวชสิทธิ์. 2551. การศึกษาคุณภาพน้ำและปริมาณโลหะหนักในน้ำ ดินตะกอนและพรรณไม้ในบางชนิด บริเวณแม่น้ำท่าจีน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Abbaspour KC., CA. Johnson and MT. Van Genuchten. 2004. Estimating uncertain flow and transport parameters using a sequential uncertainty fitting procedure. *Vadose Zone Journal* 3(4): 1340-52.
- Arnold JG., R. Srinivasan., RS. Muttiah and JR. Williams. 1998. Large-area hydrologic modeling and assessment Part I: Model development. *Journal of the American Water Resources Association* 34(1): 73-89.
- Banchongsak F., S. Bualert., N. Dampin and N. Thangtham. 2017. Dynamic Modeling of Water Storage Capacity for the Dilution of Waste Water of Land Utilization in the Upper Tha Chin Watershed, Thailand. *EnvironmentAsia* 10(2): 33-42
- Donigain, A. S. Jr. 2002. *Watershed Model Calibration and Validation-The HSPF Experience*. AQUA TERRA Consultants, 2685 Marine Way, Suite 1314, Mountain View, CA 94043.
- Neitsch, S.L., J.G. Arnold, J.R. Kiniry and J.R. Williams. 2011. *Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation (Version 2009)*. Available Source: <http://swat.tamu.edu/media/99192/swat2009-theory.pdf>, May 1, 2017.
- Oeurng C., S. Sauvage and JM. Sánchez-Pérez. 2011. Assessment of hydrology, sediment and particulate organic carbon yield in a large agricultural catchment using the SWAT model. *Journal of Hydrology* 401(3-4): 145-53.
- Pinglot F. 2012. *Mountainous river stream flow modeling Via ArcSWAT: a challenge*, Toulouse.
- Yang J, Reichert P, Abbaspour KC, Xia J, Yang H. Comparing uncertainty analysis techniques for a SWAT application to the Chaohe Basin in China. *Journal of Hydrology* 2008 358(1-2): 1-23.